This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY

Gift of

Mrs. A.C. Ramsey

TRACCION EN VÍAS FÉRREAS.

TRACCION

EN

VÍAS FÉRREAS

PRIMERA PARTE

ESTUDIO DE LA LOCOMOTORA

POR EL COMANDANTE DE EJÉRCITO

DON JOSÉ MARVÁ Y MAYER

Capitan de Ingenieros.

MADRID.
IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.
1877.

INTRODUCCION.

IMPORTANTE papel desempeñan en las guerras modernas los caminos de hierro. Establecidos en tiempo de paz para engendrar y desarrollar las fuerzas industriales y comerciales de una nacion, uniendo los centros de produccion con los de consumo, ligando por su fácil comunicacion las poblaciones más valiosas de un territorio, dieron á conocer desde su orígen, áun á los más profanos al arte militar, los servicios que son susceptibles de prestar en casos de

lucha; y la experiencia de las guerras de que fueron teatro América y Europa desde la mitad del actual siglo, ha sancionado las previsiones del cálculo.

Las vías férreas establecidas en país propio, sirven para la concentracion y trasporte de tropas y material, con rapidez y precision muy superiores á los obtenidos en las marchas ordinarias, con economía de fatiga y sin el relajamiento de disciplina que es su consecuencia.

Asentadas paralelamente á las costas ó á los grandes rios de importancia estratégica, permiten su vigilancia y defensa con un efectivo de tropas relativamente reducido.

Con su auxilio se pueden reforzar y aprovisionar en corto tiempo las plazas fuertes amenazadas.

Proporcionan fácil y rápida comunicacion entre las diversas partes del circuito defensivo de un campo atrincherado.

Cuerpos de tropa separados, pueden obrar en combinacion si tienen á su servicio líneas férreas que los unan; y aún puede suceder que un mismo cuerpo se bata en lugares distintos casi al mismo tiempo.

Finalmente, ya estén situadas en país propio ó enemigo, pero con especialidad en este último caso, son de incontestable utilidad para el aprovisionamiento fácil de los ejércitos; para el trasporte del material de guerra que les es necesario, y para desembarazarles de toda la *impedimenta* que forman los enfermos, heridos, prisioneros, material inútil, etcé-

tera, etc., con lo que se obtiene una gran libertad de accion.

Estos numerosos servicios aparecen ya á primera vista de una importancia no comun, que aún se hace mayor si se tiene en cuenta la enorme cifra de los efectivos de los ejércitos modernos y el inmenso material que los actuales medios de combatir exigen.

La guerra de los Estados-Unidos de América en 1861, puso de manifiesto cuanto de útil puede reclamarse de las vías férreas, haciendo fijar la atencion de las naciones militares europeas en tan trascendental cuestion; y aunque no es nuestro objeto entrar en detalles históricos, impropios de este lugar, no podemos ménos de señalar su influencia en la tan comentada de 1870, entre Francia y Prusia.

Si bien es cierto, como dice Jomini, que el resultado de una campaña depende de un sinnúmero de causas físicas y morales muy difíciles de apreciar, puede asegurarse que la hábil aplicacion que de los caminos de hierro hicieron los alemanes, ejerció una no despreciable influencia en los triunfos de sus ejércitos.

La movilizacion de las tropas alemanas, favorecida por la bondad de su organizacion, que se presta admirablemente al paso de pié de paz á pié de guerra, y la concentracion en la frontera francesa, se llevaron á cabo con órden y rapidez pasmosos. Terminada la primera del 23 al 25 de Julio, trasladáronse á la frontera cerca de 400.000 hombres, caballos, ar-

tillería, etc., en los dias que siguieron hasta el 3 de Agosto, tomando la ofensiva el 4, sorprendiendo al ejército francés, incompletamente organizado, y consiguiendo por estas primeras ventajas la superioridad que conservaron en el resto de la campaña.

Una vez en territorio francés, los alemanes pusieron un especial cuidado en utilizar las vías férreas del enemigo, en parte destruidas, reparándolas y explotándolas. Toda la línea del Este, de más de 600 kilómetros, y la que por Saarbruck y Forbach va delante de Metz, les permitió mantener las comunicaciones de los sitiadores de esta última plaza con la frontera; y en union con la del Norte, facilitaron el aprovisionamiento de las tropas delante de París, así como la de Orleans, de 100 kilómetros, las comunicó con la retaguardia del ejército bávaro.

Por estas ideas, ligeramente bosquejadas, puede deducirse la utilidad del empleo de los ferro-carriles en la guerra, y la necesidad de que todo ejército se halle siempre en disposicion de conservar el uso de los propios y destruir los ventajosos al enemigo. De aquí la exigencia imperiosa de un personal dedicado exclusivamente á este servicio, que en avance ó retirada restablezca la circulacion en vías destruidas ó las inutilice, cree ó repare el material y organice la explotacion.

¿Ha de ser militar el personal, ó, como pretenden algunos, basta apelar á los empleados civiles en los momentos de necesidad?

A nuestro juicio no admite duda la cuestion: este servicio ha de ser de la dependencia exclusiva de un cuerpo militar.

En caso de guerra, bien sea en territorio propio ó se lleve á país enemigo, es muy arriesgado contar con el elemento civil para la formacion de las divisiones de ferro-carriles. El personal de las empresas es de suyo reducido por razones de economía, y á veces incompleto para la explotacion regular cuando el tráfico ordinario sufre algun aumento. De modo, que á no interrumpir en absoluto el servicio de mercancías y viajeros, con grave detrimento de la industria y comercio nacionales, no paralizados siempre con la guerra, cuando está localizada, es ilusorio contar con los elementos citados.

Pero áun suponiendo se encontrase el personal necesario, es muy probable no se consiguiese reclutarlo por los peligros que en tiempo de guerra son inherentes á este servicio.

Las primeras secciones formadas en la guerra del Norte de América no eran militares, y se componian de ingenieros civiles, jefes de línea y empleados subalternos, maquinistas, obreros, etc. Pero la experiencia demostró al poco tiempo la necesidad de la organizacion militar para introducir el órden y disciplina que son consiguientes. «Aun así, dice un escritor militar, era tan peligroso el servicio; los esfuerzos que se exigian al personal excedian de tal modo la medida de las fuerzas humanas, que á pesar

de la excelente organizacion y disciplina de estos cuerpos empezó á introducirse en ellos el desaliento, y Mac-Callun, General encargado, tuvo necesidad de recurrir á las más severas medidas para contenerlo.»

Añádase á cuanto queda dicho, que en ciertos casos la prudencia aconseja no servirse de los empleados civiles, que pueden estar interesados en el triunfo de la causa contraria: y es locura pretender evitar el mal poniendo á su lado personal militar que los vigile, pues tienen mil medios de burlar esta vigilancia.

En asunto tan interesante, es preciso que un ejército bien organizado no dependa de lo eventual, y por lo tanto, necesita tener ya en tiempo de paz un núcleo militar que se halle en disposicion de prestar sus servicios importantes en tiempo de guerra.

En Prusia, Baviera y otros Estados alemanes, en Italia, hasta en Turquía, se han organizado batallones ó compañías de ferro-carriles. Estas fuerzas se destinan en tiempo de paz á las líneas férreas del Estado y á las particulares, para su instruccion: reparan los desperfectos, ejecutan obras de arte, ó construyen vías de corta longitud para el servicio de algun gran campo de instruccion, explotándolas con sus propios recursos.

En otras naciones, como en Italia sucede, aún se quiere conseguir más: se trata de generalizar estos conocimientos en el ejército, destinando á las líneas

férreas principales Oficiales de todas armas, especialmente de Estado Mayor, para aprender todos los detalles del servicio en general, y los relativos al arma de que proceden en particular.

Para ver la parte que al cuerpo de Ingenieros corresponde en todo lo que á la explotacion de una línea férrea se refiere, pasarémos revista á la organizacion civil general.

Las empresas cuentan, para la explotacion de sus líneas, un personal dividido en las diversas secciones siguientes:

1.ª *Seccion de vía y obras.*—Que se ocupa de su conservacion, ampliacion y reparacion de desperfectos: le es aneja la parte de *vigilancia*, que atiende á la seguridad en la circulacion.

2.ª *Traccion y material.*—Que tiene á su cargo el material móvil, con sus talleres de construccion, reparacion y depósitos, así como la traccion de trenes de viajeros y mercancías.

3.ª *Movimiento.*—Es de su incumbencia la formacion de trenes y su custodia, itinerarios, carga y descarga de wagones, servicio de estaciones, telégrafos y relojes.

4.ª *Contabilidad general.*—Que se ocupa de las cuentas de recaudacion, gastos, etc.

5.ª *Tráfico.*—Combina las tarifas y entiende de las contratas, subvenciones y reclamaciones del público.

Y 6.ª *Suministros y almacenes.*—Para la com-

pra, venta y conservacion del material de toda especie, herramientas, etc., etc.

Diversa organizacion se ha dado á las tropas de ferro-carriles en várias naciones; en otras aún está en estudio: pero en todas, es de la competencia exclusiva del cuerpo de Ingenieros todo lo que al servicio de *vía y obras*, *traccion y material* corresponde. El del *movimiento* es más propio del cuerpo de Estado Mayor, como base (sin perjuicio de agregarle Oficiales auxiliares de otras armas), á cuyo cargo puede estar la formacion de horarios gráficos, estudio de la variedad de tipos de material, su empleo y cantidad, formacion y composicion de trenes de todas clases, diferentes especies de mercancías y modo de efectuar la carga y descarga rápidamente, número de hombres, caballos y cantidad de material que puede cargarse y descargarse al mismo tiempo en las estaciones y sus inmediaciones, estaciones más propias para el embarque de las diversas armas, puntos de cruce y apartaderos, etc., etc.

En la organizacion de las tropas de Ingenieros españolas, conforme á lo establecido en el extranjero, existen compañías de ferro-carriles que tienen por mision cumplir los servicios ántes mencionados, de vía y obras y traccion. Es de su obligacion la carga y descarga del material de la vía, asiento de la misma, colocacion é instalacion de señales y del material fijo, construccion de puentes improvisados, y además el servicio de *maquinistas* y *fogoneros*.

Si poderosas son las razones que en otro lugar se expusieron para eliminar el elemento civil en el servicio, en general, de las líneas férreas en campaña, aún lo son más cuando se trata del particular de maquinistas y fogoneros.

Los peligros del servicio de la traccion en caso de guerra, han sido plenamente demostrados por la experiencia. La vía suele no estar tan vigilada; el telégrafo, que es su poderoso auxiliar, puede estar inutilizado; es difícil evitar que pequeñas partidas enemigas, desde las escabrosidades del terreno, hagan fuego sobre los trenes: de modo que los peligros inherentes al oficio en tiempo de paz, crecen considerablemente en la guerra. En la civil que hemos atravesado, algunos maquinistas han sido víctimas de su deber, y otros se han negado á prestar sus servicios bajo la amenaza de muerte, á veces realizada, de los enemigos.

Además; si, por otra parte, las circunstancias de la lucha hacen dudar de la adhesion de los maquinistas y fogoneros, es muy triste verse en la forzosa precision de confiarles trenes de tropa, de heridos, etc.

Por todas estas razones creemos que, á semejanza de lo que en otros países se practica, debiera instruirse á los sargentos y cabos de las compañías de ferro-carriles en el oficio, eligiendo estas clases por ser mayor el tiempo de su permanencia en el servivio, en general, evitándose así la dificultad de estar

instruyendo constantemente gente nueva para no tenerla nunca dispuesta.

Téngase en cuenta lo difícil de la instruccion, que es muy compleja, y los obstáculos que tendrán que vencer las citadas clases para ejercer su profesion debidamente. Un buen maquinista no se forma en meses, sino en años; y los de las compañías de ferro-carriles han de serlo excelentes, pues que la traccion la verificarán generalmente en condiciones difíciles, tal vez en líneas desconocidas, con material fijo incompleto, sin cocheras, fosos de picar fuego, etcétera.

Al exponer claramente las dificultades que han de presentarse en la instruccion, no se entienda que son insuperables. Lógicamente se deduce, tan sólo, una conclusion de todos conocida: que si para obtener ejércitos que merezcan el nombre de tales es preciso formar con antelacion, en paz, el soldado y las clases en todas las armas, en la de Ingenieros especialísimamente, y dentro de ella en las compañías de ferro-carriles y telégrafos, es de todo punto imposible improvisar; y que los utilísimos servicios que están llamados á prestar, bien merecen la atencion asídua que se reclama.

Por lo demás, repetimos que es posible vencer los obstáculos, dando una constante instruccion á la tropa en tiempo de paz; á más de que la mayor parte, sino todas, de las dificultades que anteriormente hemos apuntado, son comunes á los maquinistas y fo-

goneros civiles, que, sea dicho de paso, no se crea tienen, en general, la vasta instruccion que fuera de desear. El oficio es duro: exige hombres robustos; la remuneracion escasa, por una mal entendida economía de las empresas. De aquí resulta lo que es lógico: la clase de maquinistas se recluta en hombres que, al subir por primera vez al tender para partir los ladrillos de carbon, carecen, bien á su pesar, de la instruccion teórica preliminar sobre el vapor de agua, su potencia, su modo de obrar, etc., etc. A muchos de ellos, pundonorosos y amantes de su profesion, les hemos oido expresar en estos términos: y si suplen con su celo y llenan en condiciones favorables su obligacion ordinaria, ¿qué no podria esperarse si, bajo la direccion de personas competentes, como en Francia y otras naciones sucede, recibiesen la instruccion conveniente?

Dése, pues, á nuestros sargentos, cabos, y áun soldados más inteligentes, una asídua instruccion; auméntese, si posible es, las garantías de seguridad de un pequeño porvenir dentro del Cuerpo, para atraerlos aún más, y aunque no es obra de meses, llegará á contarse con un personal inteligente y en disposicion de prestar relevantes servicios.

El trabajo que tenemos el honor de presentar, á todas luces incompleto, está dedicado á los Oficiales de las compañías de ferro-carriles para la instruccion de maquinistas y fogoneros. La mayor parte, sino todos, de los puntos que abraza, son conocidos de an-

tiguo por ellos, y áun con mayor extension. Nuestro objeto ha sido tan sólo reunir datos y noticias, y presentar algunos nuevos, que una pequeña, y desde luego insuficiente práctica, nos ha hecho adquirir.

Al entrar en relacion con la mayor parte de los maquinistas y fogoneros de la línea del Mediodía, gracias al Capitan del Cuerpo, profesor de la Academia, D. Manuel Vallespin, que con la inteligencia y celo por la enseñanza que le distinguen, no ha perdonado medio de dar á los alumnos del tercer año, del que fué ayudante el que suscribe, la instruccion práctica compatible con el régimen académico, hemos tenido ocasion de observar que en la conduccion de una locomotora, tal vez más que en cualquiera otra cuestion práctica, los detalles minuciosos son de una importancia enorme, y tal, que de muchos de ellos depende, no sólo la conservacion del material, sino la existencia de la máquina y tren remolcado.

Esto nos indujo, áun conociendo la escasez de nuestras fuerzas, á comenzar el trabajo que hoy recomendamos á la benevolencia de nuestros compañeros, á cuyo voto damos la importancia capital, nunca desmentida, que se merece.

La primera parte se ocupa del estudio de la locomotora, como preliminar á la segunda, que quiere ser un *Manual del maquinista y fogonero*. En la primera hemos reclamado el poderoso auxilio que en asuntos de este género prestan obras tan interesantes como la *Guide du mécanicien*, de Mrs. Le Chatelier,

Flachat y otros; *Traité des machines á vapeur*, de Gaudry; y la de indisputable mérito, de vías férreas, de Mr. Couche. Sólo hemos procurado presentar las cuestiones con la mayor claridad que nos ha sido posible, eliminando todo cálculo, tratando de sustituirlo por construcciones geométricas en general, y en particular en lo referente á *distribucion del vapor*. Tambien nos ha parecido oportuno recordar preliminarmente algunas nociones sobre la formacion, propiedades y modo de accion del vapor de agua, y acomodar las descripciones á tipos de máquinas españolas, empleando los términos prácticos más usuales, así como dedicar los dos últimos capítulos á la discusion de la locomotora descrita en los anteriores.

En la segunda parte nos referimos ya á las obligaciones particulares del maquinista y fogonero: combustion en el hogar, y modo de conducirla favorablemente; engrases y colocacion de estopas; estudio de la vía; reconocimiento y conduccion de una locomotora; averías y modo de remediarlas; terminando con los reglamentos vigentes de señales y circulacion, y un vocabulario de términos prácticos.

Si puede ser este trabajo de alguna utilidad para nuestros compañeros, y motivo de que por ellos, más autorizados, se modifique y complete, quedarán llenadas nuestras aspiraciones.

Guadalajara, 1.° de Marzo de 1876.

JOSÉ MARVÁ Y MAYER.

CAPÍTULO PRIMERO.

PRELIMINARES.

1. Máquinas de vapor.—Los vapores de agua, éter, alcohol, cloroformo y otros varios líquidos, pueden emplearse en las máquinas como agentes motores: es generalmente preferido el primero de ellos por las condiciones de economía y seguridad que reune; así es, que con el nombre de *máquinas de vapor*, se comprende principalmente todas aquellas en que la fuerza motriz es el vapor de agua.

En todas las máquinas de vapor, el principio fundamental es el mismo. Los vapores poséen una fuerza de dilatacion que puede llegar á ser considerable, en virtud de la cual ejercen presiones sobre las paredes de la capacidad que los contiene: si una de éstas es móvil, obedecerá á la presion que sufre, originándose movimientos alternativos rec-

tilíneos, que comunicados al exterior de la cámara efectuarán el trabajo á que la máquina se destine.

2. Propiedades del vapor de agua.—El vapor de agua no tiene olor; es trasparente é invisible; así es que á veces no se le percibe cuando escapa por alguna abertura ú orificio, aún oyendo el ruido que produce. Sin embargo; cuando al salir experimenta enfriamiento, sufre un principio de condensacion, y se forman ligeras nubecillas blancas, indicadoras de su presencia.

Enfriado el vapor contenido en un vaso cualquiera, se convierte en el agua de que provino.

El vapor de agua llega á alcanzar considerable fuerza elástica, que se aplica con gran éxito á las máquinas como poderosa fuerza motriz.

2'. Medida de la fuerza elástica del vapor de agua.—La fuerza elástica del vapor de agua se denomina tambien *tension*, y se mide por la presion que ejerce en las paredes del vaso que lo contiene. La presion se valúa de dos modos distintos: ó por pesos sobre la unidad superficial, ó tomando por unidad de medida la presion atmosférica. Así, se puede decir que el vapor ejerce una presion de A kilógramos por centímetro cuadrado, ó de B atmósferas.

La presion atmosférica sobre un cuadrado de un centímetro de lado, es igual á la producida en la misma superficie por el peso de $1^k,033$. Esta circunstancia permite pasar con facilidad de una especie de unidades á otra. Por ejemplo: 8 atmósferas equivalen á $8 \times 1^k,033 = 8^k,264$ por centímetro cuadrado: y recíprocamente; la presion representada por $8^k,264$ es idéntica á la $\frac{8,264}{1,033} = 8$ atmósferas.

Cuando se trata de resultados tan sólo aproximados, puede introducirse notable sencillez en las operaciones, estableciendo la equivalencia de la unidad *atmósfera* con la unidad *kilógramo* por centímetro cuadrado.

3. Vaporizacion en vasos abiertos.—De dos distintas maneras puede trasformarse un líquido en vapor; por *evaporacion* y por *vaporizacion*: en la primera el cambio de estado sólo se verifica en la superficie que está en contacto con la atmósfera, y el desprendimiento de vapor es lento: la segunda es una produccion violenta y abundante de vapor por la aplicacion de elevadas temperaturas, teniendo lugar en toda la masa líquida el fenómeno que ántes ocurria tan sólo en la superficie.

Puesto al fuego un vaso de agua, abierto, las capas líquidas más próximas á las paredes sometidas á la accion calorífica se dilatan, disminuyen en densidad, y tienden á ocupar las regiones superiores, siendo reemplazadas por otras más frias que, caldeándose á su vez, vuelven á subir, creándose corrientes de direccion contraria desde las paredes ó fondos en contacto con el combustible á las partes más alejadas de éste.

En toda la masa se forman pequeñas burbujas ó globitos de agua gasificada, que aumentan de volúmen, ascienden segun la vertical uniéndose en el camino con otras, hasta que al llegar á las capas superiores, más frias, se condensan produciendo un ruido sordo, precursor de la vaporizacion. Las burbujas se forman y desprenden con más facilidad junto á las paredes; y si éstas fueran trasparentes, se vería el fenómeno del modo que acaba de indicarse.

A medida que aumenta el calor en el líquido, las burbujas son más numerosas, y ya no se condensan, sino que en su movimiento ascensional llegan á la superficie y revientan lanzándose á la atmósfera: el agua parece hincharse, experimenta movimientos violentos, en una palabra, *hierve*; y ésta ebullicion constituye la produccion abundante de vapor que hemos denominado *vaporizacion*. Las corrientes originadas en la masa son de gran actividad, contribuyendo á los movimientos desordenados del agua; pero no conviene en-

torpecerlas, porque favorecen el desprendimiento del vap-

4. Temperatura de ebullicion.—La temperatura de eb-llicion depende de las circunstancias siguientes:

1.ª De la presion sobre la superficie del líquido. Con l presion aumenta la temperatura de ebullicion, porque s. duda hay oposicion más enérgica al desprendimiento de l burbujas de vapor.

2.ª De las sustancias extrañas que el agua contenga. están en suspension, como la arena, tierra ó fango, par ser que la temperatura de ebullicion no varía; pero cua se hallan en combinacion ó disolucion, ejercen una fluencia muy marcada, adelantando el punto de ebulli cuando son, como el éter y alcohol, más volátiles qu agua, ó retardándolo como se verifica con las sales.

La experiencia demuestra que, hirviendo á 100 grad agua pura,

el agua saturada			de sal marina hierve á. . . .	109
»	»	»	de nitrato de potasa á. . . .	116
»	»	»	de carbonato de potasa á. . .	135
»	»	»	de cloruro de cálcio á. . . .	179

3.ª Finalmente: la naturaleza del vaso tambien ejerce fluencia en la temperatura de ebullicion, por más que s pueda establecerse como principio que la vaporizacion favorece con la mayor conductibilidad calorífica de los n. tales. De los empleados comunmente en las máquinas. órden de preferencia es: primero, cobre; segundo, hier estaño y zinc, cuya conductibilidad para el calor es prox mamente los dos tercios de la que al primero corresponde.

El agua pura á $0^m,760$ de presion barométrica, es decir. la normal de la atmósfera, hierve á 100°, y conserva e temperatura, cualquiera que sea el exceso de calor que á paredes se aplique, vaporizándose toda la que el vaso enci ra, si, siendo abierto conforme á hipótesis, el calor aplica obra el tiempo necesario.

5. Vaporizacion en vaso cerrado.—Si suponemos cerrada la vasija ó receptáculo del agua, la vaporizacion tiene lugar de un modo muy distinto. Las primeras cantidades de vapor formadas se alojan en la parte superior de la vasija, y ejercen, sobre la superficie del líquido, una presion que, aumentando de contínuo, llega á ser suficiente para detener ó hacer casi insignificante la vaporizacion, en el supuesto de que la temperatura continúe siendo la misma.

El vapor producido tiene siempre la misma temperatura que el agua, con la que está en contacto, si es pura: la cámara ó capacidad no puede contener, á la temperatura alcanzada por el líquido y vapor, mayor cantidad de este último. Dícese entonces que el espacio-cámara está *saturado* de vapor de agua, y tambien se llama *vapor saturado* al que se encuentra en las condiciones que preceden.

Puede romperse el equilibrio aumentando la temperatura del agua: entonces hay nueva produccion de vapor, la densidad y tension del ya formado aumentarán, llegando hasta el punto de ejercer sobre la superficie del líquido restante una presion que detendrá la vaporizacion nuevamente miéntras se conserva la misma temperatura. Elevándola otra vez, continuará la interrumpida vaporizacion, sucediéndose los períodos de equilibrio y produccion indicados.

Si los crecimientos de temperatura son discontínuos, bruscos, habrá ebullicion en cada período: en la práctica la sucesion de estos hechos es rapidísima, el aumento de temperatura es contínuo y la produccion de vapor se verifica en períodos de ebullicion de duracion muy corta.

En todos los instantes, el agua tiene la misma temperatura que el vapor, pudiendo alcanzar ámbos, á diferencia del caso de vasija abierta, temperaturas muy superiores á 100°.

Obsérvese tambien, que á medida que crece la temperatura aumenta la cantidad de vapor alojada en la cámara, y con ella, como es consiguiente, su densidad y tension. Hay,

pues, una cierta relacion entre la temperatura del vapor, su densidad y tension. Regnault encontró la siguiente:

6. TABLA de las tensiones, temperaturas, volúmenes y densidades del vapor de agua, de 0 á 10 atmósferas.

TENSION DEL VAPOR			TEMPERATURAS,	VOLÚMENES,	PESO,
en atmósferas.	en milímetros de altura de mercurio.	en kilógramos por centímetro cuadrado.	en grados centígrados, correspondientes á las diferentes presiones.	en litros, de un kilógramo de vapor.	en kilógramos, de un metro cúbico de vapor.
0,25	190	0,260	65°,357	6134,97	0,163
0,50	380	0,518	81°,707	3205,13	0,312
0,75	579	0,776	92°,149	2002,64	0,454
1,00	760	1,034	100°,000	1689,19	0,592
1,25	950	1,293	106°,356	1373,21	0,728
1,50	1140	1,551	111°,739	1161,44	0,861
1,75	1330	1,809	116°,429	1007,00	0,993
2,00	1520	2,067	120°,598	891,26	1,122
2,25	1710	2,326	124°,362	799,36	1,251
2,50	1900	2,584	127°,799	726,21	1,377
2,75	2090	2,842	130°,968	665,33	1,503
3,00	2280	3,100	133°,910	614,20	1,628
3,25	2470	3,360	136°,659	570,45	1,753
3,50	2660	2,618	139°,243	533,33	1,875
3,75	2850	3,876	141°,682	505,55	1,998
4,00	3040	4,134	144°,000	471,92	2,119
4,25	3230	4,394	146°,194	464,42	2,240
4,50	3420	4,652	148°,290	423,95	2,359
4,75	3610	4,910	150°,296	403,71	2,477
5,00	3800	5,168	152°,219	384,90	2,598
5,25	3990	5,427	154°,068	368,18	2,716
5,50	4180	5,685	155°,846	352,68	2,834
5,75	4370	5,943	157°,560	339,09	2,949
6,00	4560	6,201	159°,218	326,15	3,066
6,25	4750	6,461	160°,821	313,87	3,186
6,50	4940	6,719	162°,374	303,12	3,299
6,75	5130	6,977	163°,882	293,00	3,413
7,00	5320	7,235	165°,344	283,37	3,529
7,25	5510	7,494	166°,766	273,59	3,655
7,50	5700	7,752	168°,151	263,58	3,756
7,75	5890	8,010	169°,498	258,46	3,869
8,00	6080	8,268	170°,813	251,19	3,981
9,00	6840	9,302	175°,767	225,68	4,431
10,00	7600	10,336	180°,306	205,21	4,873

Despréndese de esta tabla que, con crecimientos de temperatura convenientes, puede obtenerse vapor de agua de tension cada vez mayor, utilizable dentro del límite de resistencia del vaso ó caldera.

Los vapores saturados no siguen la conocida ley de Mariotte, *presiones inversamente proporcionales á volúmenes.*

Supongamos, por ejemplo, que el agua y vapor están á 152°,2, á cuya temperatura corresponde, segun la anterior tabla, una tension de 5 atmósferas: si posible fuese disminuir la capacidad de la cámara de vapor, acercando sus paredes, reduciendo á una mitad su volúmen, no aumentaria la tension al doble, como debiera suceder de verificarse la ley citada, sino que la mitad del vapor se condensará, y la otra mitad continuará llenando la capacidad nueva, conservando la tension de 5 atmósferas que ántes tenia.

Procediendo inversamente: al aumentar repentinamente el volúmen de la cámara, el vapor se dilataria para llenarla, disminuiríase su densidad, y por consiguiente la presion que efectuaba sobre el líquido; éste entraria en ebullicion, formándose rápidamente grandes cantidades de vapor, hasta quedar saturado el nuevo espacio; es decir, hasta que el vapor tenga la densidad y tension de 5 atmósferas, que corresponden á la temperatura de 152°,2 supuesta al agua.

7. **Desaturacion.**—Se ha indicado ya las relaciones que ligan al volúmen, densidad, tension y temperatura del vapor de agua saturado: cuando alguna de estas cantidades varía, se rompe el equilibrio entre ellas y hay ebullicion del agua ó condensacion del vapor. Algunos ejemplos aclararán este punto.

1.° Sea t, temperatura del agua y vapor, igual á 152°,2; y P, la tension en atmósferas, igual á 5. Suponiendo que t desciende á 120°, P debe disminuir hasta 2; esto exige que la densidad del vapor disminuya, ó, lo que es lo mismo, que

una parte del vapor se condense para que la restante tenga la densidad correspondiente á la tension de 2 atmósferas.

Este fenómeno ocurre cuando las calderas se enfrian, al retirar ó apagar el fuego del hogar. Reducida la temperatura del agua y la del vapor en contacto, hay condensacion de una parte de este último para que se equilibren la nueva temperatura, la tension y densidad: nuevos decrecimientos de calor producen otras condensaciones, hasta la total del vapor que la caldera contiene.

2.° Si con los mismos datos anteriores, ó cualesquiera otros, se enfria el vapor por cualquier medio, por ejemplo, enfriando las paredes de la cámara, una parte de él se condensará, disminuirá la densidad y tension, y como el agua conserva la misma temperatura que ántes tenia, habrá ebullicion para que se produzca el vapor condensado y se restablezca el equilibrio.

3.° Tambien habrá ebullicion si se dá salida instantánea á una parte del vapor: la formacion del que ha de sustituir al que desapareció es rapidísima.

8. Vapor de agua saturado, fuera de la caldera.— Sea *M N O P* (figura 2, lámina 1), una capacidad en comunicacion con la caldera, pero separada de ella; por ejemplo, un cilindro de máquina de vapor. Sea *a* la pared móvil ó émbolo, que resbalando á lo largo de la superficie cilíndrica puede ocupar todas las posiciones comprendidas entre *M N* y *O P*. Supongamos al émbolo en la posicion 1, el vapor de la caldera á 6 atmósferas de tension, y las paredes del cilindro á la temperatura de 159°,2 que el vapor tiene: el espacio *M a*, puesto en comunicacion con la caldera, se llenará de vapor saturado; supongamos que se interrumpe despues la comunicacion.

En estas condiciones, si el espacio *A* se reduce al *C*, llevando al efecto el émbolo de la posicion 1 á la 2, parte del vapor se condensará, y el que resta ocupará el espacio *C* con

la misma tension de 6 atmósferas y temperatura de 159°,2. Volviendo el émbolo á la posicion primitiva, el agua de condensacion se vaporizará, y el vapor llenará la capacidad *A* con la tension y temperatura anteriores.

Si el émbolo se coloca en 3, el vapor se dilatará siguiendo la ley de Mariotte; de manera que la presion que ejerce sobre el émbolo en esta nueva posicion, es á la que ejercia en 1, como el volúmen *A* es al *B*, ó como la longitud *Na* es á la *Nb*.

Cuando el émbolo vuelva á 1, el vapor quedará en *A* con la tension y temperatura primitivas, habiendo seguido en el camino 3 - 1 la ley de Mariotte: si continúa retrocediendo hasta el lugar 2, se reproducirán los hechos explicados en un principio.

Se ha supuesto que las paredes del cilindro se hallan á la temperatura de 159°,2; pero si al llegar el émbolo á 1, en su movimiento retrógrado, las encuentra á menor temperatura, á 144° por ejemplo, el vapor la adquirirá; se condensará en parte, y su tension disminuirá á 4 atmósferas.

Del mismo modo, cuando el vapor penetra por primera vez en los cilindros llenando la capacidad *A*, si las paredes tienen una temperatura inferior adquirirán la del vapor, á expensas de la de éste; una parte se liquidará para hacer la cesion de calorías y el resto resultará con temperatura y tension inferiores á las del vapor de la caldera.

9. Por lo que queda dicho, el vapor saturado, fuera de la caldera, sigue la ley de Mariotte al aumentar de volúmen, pero no cuando disminuye. Puede hacérsele que siga fielmente esta ley, como el aire, tipo de los gases permanentes: esto se conseguirá recalentándole, aislado del agua por supuesto, hasta 500°. Claro está que elevando la temperatura se aumenta la densidad correspondiente á la saturacion de un espacio dado y el volúmen de éste puede disminuir.

A pesar de las ventajas que aparece poseen los vapores

recalentados, no se ha generalizado su aplicacion en las máquinas, por el aumento de gasto en combustible, y porque en razon á su elevada temperatura destruyen rápidamente las guarniciones de las juntas y áun los órganos metálicos.

10. Clasificacion de las máquinas de vapor.—Las máquinas de vapor pueden ser *fijas* ó *móviles*, comprendiendo en el primer grupo todas aquellas que se instalan á permanencia fija en los talleres ó establecimientos fabriles, y en el segundo, las que, por la naturaleza especial de su servicio, se han de trasladar de uno á otro punto, ejerciendo su accion en todos ellos.

En el grupo de máquinas de vapor móviles están incluidas: las *locomotoras* destinadas á remolcar grandes pesos por vías férreas, desplazándose á medida que trabajan; las *locomóviles*, máquinas trasportables en un carruaje ó por sus propios medios, es decir, valiéndose de las ruedas que, como un vehículo cualquiera, pueden poseer independientemente de la máquina, y sirven de máquinas fijas, en puntos variables, empleándose más generalmente en las grandes explotaciones agrícolas: las *máquinas de navegacion*, utilizadas, como su nombre indica, en la marina.

Cualquiera que sea el grupo á que pertenezca la máquina, su organizacion, en conjunto, es la misma: los mecanismos que sirven para realizar el empleo de la fuerza motriz que el vapor de agua proporciona, se dividen siempre en *aparatos generadores*, compuestos de una caldera para contener el agua y vapor y un hogar donde se quema el combustible; *aparatos receptores*, acomodados para *recibir* la fuerza motriz y producir movimientos primordiales rectilíneos ó circulares; *operadores*, que ejecutan el trabajo á que la máquina se destina; y por último, *órganos de trasmision*, ó sean combinaciones cinemáticas que hacen comunicar el receptor con el operador, trasformando el movimiento pri-

mordial del primero, en el reclamado para el segundo por la mision que la máquina ha de desempeñar.

Cada especie de aparatos ofrece numerosas variedades, que forman otros tantos caractéres distintivos en las máquinas de vapor. Al presentar brevemente los más esenciales, seguirémos el órden de clasificacion precedente.

10'. Generadores.—Segun se deja indicado, constan de la *caldera* propiamente dicha, vaso cerrado que ha de contener el agua para vaporizar y el vapor formado; del hogar ó cámara de combustion, y de galerías ó conductos que den salida al humo y gases procedentes de la combustion. Se clasifican en:

1.° Calderas de hogar ó calefaccion interior.

2.° Calderas de hogar ó calefaccion exterior.

Las del primer grupo son generalmente metálicas en todas sus partes, y pueden tener una sola canal, galería ó tubo, para la salida de los gases, en cuyo caso se denominan de *canal simple*, ó várias, llamándose entónces de *canales múltiples* ó *tubulares*. Si los gases y llama son conducidos directa é inmediatamente á la atmósfera, la caldera es de *trayecto directo:* si ántes de lanzarse á ésta vuelven á bañarla por otros puntos, será de *retorno de llama*.

La forma geométrica de las calderas dá lugar á una nueva clasificacion, dentro de cada grupo, que no es del caso detallar. Baste recordar que en las *locomotoras* y *locomóviles* la caldera es siempre de forma cilíndrica.

La tension del vapor en la caldera, expresada en número de atmósferas, establece una segunda division en máquinas de *baja*, *mediana* y *alta presion*. Las primeras miden presiones inferiores á 1,5 atmósferas; las segundas de 1,5 á 5, y las últimas de 5 en adelante.

11. Receptores.—El *aparato receptor* existente en la generalidad de las máquinas de vapor está constituido por el

cilindro y su *émbolo:* su organizacion más comun es la que indica la figura 1, de la lámina 1.

A y *B* son las tapaderas; *E* y *F* orificios para la entrada y salida del vapor, llamados *lumbreras:* se comunican por los conductos *G* y *H* con otras lumbreras situadas en la pared plana *N P* de la caja *L*, que recibe por el tubo *M* el vapor formado en el generador. *R* es una pequeña caja denominada *distribuidor*, que resbala sobre la pared *N P;* y *Q* un orificio para el escape del vapor contenido en el cilindro, comunicando con un tubo llamado tambien *de escape*. Dentro del cilindro resbala el émbolo *C* con su barra *D*.

El movimiento rectilíneo alternativo del émbolo se obtiene por mediacion del distribuidor *R:* cuando éste se halla en la posicion que indica la figura, el vapor penetra por la lumbrera *b*, empujando al émbolo por la cara *C'* en direccion de la flecha: entre tanto el vapor que ántes se admitió detrás de la cara *C''*, desaparece por *E G a Q*. Para una posicion del distribuidor simétrica con la del dibujo, respecto á la perpendicular levantada en el punto medio de la abertura *Q* á la línea *N P*, el vapor penetraria por *a*, empujaria la cara *C''*, y el admitido en el período anterior en *C'*, se escaparia por *F b Q*.

La lumbrera que dá entrada al vapor en el cilindro se llama *lumbrera de admision;* la que le deja salida por el orificio *Q* se distingue con el nombre de *lumbrera de escape* ó *de emision*. Cada lumbrera es alternativamente *de admision* y *de escape*.

12. El vapor de escape puede desaparecer de dos maneras distintas: lanzándole inmediatamente á la atmósfera, ó liquidándole en una cámara especial de *condensacion:* en el primer caso debe poseer suficiente tension para vencer la presion atmosférica que se opone á su salida; el segundo método es independiente de la tension.

13. El esfuerzo que ejerce el vapor sobre una cara del

émbolo para moverlo, sobre la C', por ejemplo, en el caso señalado por la figura, se llama *presion;* y *contrapresion*, el que efectúa en la otra cara, la C'' del dibujo, el vapor que ocupaba este espacio y no desaparece con bastante velocidad para dejar un perfecto vacío. Cuando no hay condensacion, el espacio ántes dicho se comunica con la atmósfera: habrá, pues, una *contrapresion* constante de una *atmósfera*, independientemente de la que resulte por las dificultades de salida del vapor; y como la presion de trabajo depende de la tension del vapor en la caldera, deberá tenerse en cuenta esta circunstancia, dividiendo la presion del vapor en *total*, causada en las paredes del generador, y *útil*, igual á la anterior ménos una atmósfera.

14. El modo de obrar del vapor en el cilindro receptor, establece diferencias características en las máquinas. Cuando ejerce su potencia elástica á uno y otro lado del émbolo, se dice que la máquina es de *doble efecto*, y así se ha supuesto en las líneas que preceden: hay, sin embargo, máquinas de *simple efecto*, llamadas así porque sólo admiten vapor por una de las caras del émbolo, obrando sobre la otra la presion atmosférica.

15. Puede funcionar el vapor de dos modos distintos en el receptor; á *plena presion* ó con *expansion:* en el primero se introduce en el cilindro miéntras dura un viaje del émbolo; y en el segundo sólo se admite durante una parte de este viaje, cerrando al efecto á su tiempo, por medio del distribuidor, la lumbrera de admision: á partir de este momento, el vapor se dilata conforme á las leyes de Mariotte y continúa empujando al émbolo, ejerciendo sobre la cara correspondiente presiones cada vez menores.

La duracion del período de expansion es *constante* en algunas máquinas, y *variable* á voluntad en otras, pero dentro de ciertos límites. En efecto; cada presion tiene su correspondiente temperatura, que desciende con aquella; si la

expansion se prolonga por mucho tiempo, el vapor, á lo último del viaje del émbolo, estará relativamente frio, y enfriará las paredes del cilindro; resultando de este hecho la condensacion de una parte del vapor que se admita nuevamente. Además; si se abusa del período de expansion, no quedará al vapor tension suficiente para escapar, venciendo la resistencia de la atmósfera ó la del condensador en donde el vacío es incompleto siempre.

Llámase *espacio perjudicial* ó *nocivo*, la capacidad que en cada admision se llena de vapor procedente de la caldera, y no obra útilmente sobre el émbolo á plena presion. Este espacio se compone: primero, de la *holgura del émbolo*, pequeño intérvalo que se deja entre las caras de éste, cuando llega á los extremos de su carrera ó *puntos muertos*, y las tapas del cilindro, con objeto de evitar los choques y accidentes consiguientes; y segundo, de los conductos G y H de comunicacion.

Fácilmente puede verse que durante el período de admision la presion sobre el émbolo sería la misma suponiendo anulado el espacio perjudicial.

No así en el período de expansion. Sea V el volúmen de vapor cuando termina la admision, y v el del espacio perjudicial; p la presion correspondiente á la plena admision y p' la correspondiente al período de expansion y volúmen $n\ V$.

De no haber espacio perjudicial

$$n\ V : V :: p : p' = p\,\frac{V}{n\ V}\ ;$$

si lo hay,

$$n\ V + v : V + v :: p : p' = p\,\frac{V + v}{n\ V + v}$$

y

$$\frac{V + v}{n\ V + v} > \frac{V}{n\ V}\,.$$

De todos modos, no se ha utilizado el vapor que ocupa el dicho espacio en el período de *plena presion*.

16. Las máquinas pueden tener uno ó varios cilindros, y este último caso se subdivide en dos. En el primero, los cilindros son idénticos; el vapor se emplea del mismo modo en todos ellos, de manera que el sistema funciona, bajo el punto de vista del trabajo, como otras tantas máquinas simples cuyos efectos se superpusiesen. En el segundo, el vapor llega al primer cilindro, obra en él á plena presion ó con un cierto grado de expansion y pasa despues á un segundo cilindro, ó á otros varios, acaba de dilatarse y escapa á la atmósfera ó condensador.

En el primer caso se encuentran los *cilindros conjugados*, que están unidos al mismo árbol rotatorio; no llegan al mismo tiempo á los puntos muertos, sino que cada uno de éstos, en un cilindro, corresponde al punto medio de la carrera del otro. Esto se consigue haciendo que las manivelas del árbol estén á ángulo recto.

17. La velocidad media del émbolo en su movimiento rectilíneo alternativo dá motivo á una clasificacion especial de las máquinas: llámanse de *pequeña velocidad* aquellas en que la del émbolo es menor de 1 metro por segundo; de *mediana velocidad* cuando esté comprendida entre 1 y 2 metros; y de *gran velocidad* para las de 2 á 4 metros.

18. Operadores.—Segun la naturaleza del trabajo que la máquina ha de efectuar, el operador funcionará con movimientos *rectilíneos* ó *circulares*. En el primer grupo pueden colocarse los martillos pilones, martinetes, bombas, etc.: las máquinas del segundo grupo ó de *rotacion*, son generalmente de *doble efecto*, y producen el movimiento circular contínuo de un árbol (provisto en lo general de un volante), del cual se toma el trabajo deseado.

19. Órganos de trasmision.—Tambien dan carácter á la máquina las combinaciones cinemáticas de trasmision de

movimiento del receptor al árbol rotatorio ú operador de movimiento rectilíneo. En el sistema de *balancin*, el árbol no está inmediatamente ligado con el émbolo, sino que, como sucede en la máquina de Watt, los extremos de aquél se articulan, el uno al vástago ó barra de éste, y el otro á la biela motriz.

Cuando la biela se articula directamente á la barra del émbolo y al codo ó boton de manivela del árbol motor, el sistema se llama de *conexion directa*.

20. Ya se han expuesto, ó mejor dicho recordado, las clasificaciones más comunes de máquinas; caracterizarémos á la locomotora diciendo: que es una máquina de caldera metálica de calefaccion interior, tubular, de trayecto directo, de alta presion y gran velocidad, de doble efecto, dos cilindros conjugados, con expansion y sin condensacion, de rotacion y conexion directa.

Las razones que han motivado estos caractéres están expuestas en los capítulos VII y VIII: puede, sin embargo, darse alguna luz sobre este particular, recordando que las condiciones principales á que la locomotora debe satisfacer, son: una gran potencia y un mínimo de volúmen; éste exige generadores poderosos, altas presiones y órganos encerrados en pequeño espacio.

Conociendo la especie de máquina que se va á considerar, puede pasarse á su descripcion, pero antes conviene recordar el modo de accion del vapor en el cilindro.

21. Accion del vapor en el cilindro.—Tan interesantes como ingeniosas son las disposiciones que aseguran el movimiento rectilíneo alternativo del émbolo.

Para recordarlas, partirémos de un distribuidor (figura 2′, lámina 1), cuyas dimensiones son: la anchura interior $a'\ b'$, igual á la distancia $a\ b$ de los bordes intermedios de las lumbreras, y las $a'\ c'$, $b'\ d'$ del reborde, iguales á las aberturas trasversales $a\ c = b\ d$ de éstas.

Si la dimension *b e* (figura 3′), fuera mayor que la distancia *c d*, las dos cámaras en que el émbolo divide al cilindro estarian á un tiempo en comunicacion con la atmósfera, y en cambio se impedia el acceso al vapor de la caldera: si, por el contrario, conservando la anchura interior se disminuye la de los rebordes (figura 3″), el vapor puede penetrar al mismo tiempo á uno y otro lado del émbolo: en ámbos casos se paraliza la accion de éste.

Puede, por lo tanto, considerarse como un límite inferior de la anchura de los rebordes (figura 2′), la dimension $a\,c = b\,d$; y la $a'\,b' = a\,b$, como superior de la longitud interior.

Tiene el distribuidor á lo largo de la pared de las lumbreras un movimiento rectilíneo alternativo, del que nace el del émbolo, segun ha de verse á continuacion. Las posiciones extremas ó *puntos muertos*, son: el anterior (figura 9), y el posterior (figura 5). La posicion media (figuras 3 y 7) es la única que cierra á un tiempo las dos lumbreras; en todas las comprendidas entre el punto muerto anterior y el medio, la lumbrera posterior es de admision y la anterior de escape, verificándose la inversa para las comprendidas entre el punto medio y el punto muerto posterior.

Estas tres posiciones principales se hallan indicadas en la figura 3; la longitud de la carrera del distribuidor es igual, segun esto, al doble de la anchura del reborde.

En el émbolo tambien pueden considerarse las tres posiciones citadas: punto muerto anterior (figura 3), punto medio (figuras 5 y 9), y punto muerto posterior (figura 7).

Supongamos (figura 3), que el émbolo se encuentra en el punto muerto anterior, y el distribuidor en el medio: si partiendo de esta posicion se mueve este último en la direccion de la flecha (figura 4), el vapor entrará por la lumbrera *r* en el cilindro, y el que existia en *A* escapará á la atmósfera.

Cuando aún el émbolo está en la mitad de la carrera (figura 5), el distribuidor ha llegado al final de la suya, punto muerto posterior, y retrocede (figura 6): cuando en este movimiento de retroceso alcanza su posicion media (figura 7), el émbolo llega al punto muerto posterior. En todas estas situaciones, á partir de la inicial (figura 3), ha sido siempre *r* lumbrera de admision y *h* de escape.

Continuando el distribuidor el camino que traia (figura 8), las lumbreras cambian de nombre: es admitido el vapor por la *h* y emitido por la *r;* y análogamente á lo que en el viaje anterior del émbolo aconteció, al punto muerto anterior del distribuidor (figura 9), corresponde la posicion media del émbolo; y en el retroceso de aquel (figura 10), hasta llegar al punto de partida (figura 3), sigue siendo *h* lumbrera de admision y *r* de escape.

El conjunto de movimientos relativos de los dos órganos está expresado en la tabla siguiente:

	Posicion.		Direccion.	
Figuras.	Émbolo.	Distribuidor.	Émbolo.	Distribuidor.
3	Punto muerto anterior. . .	Punto medio. .	retrocede.	retrocede.
5	Punto medio.	Punto muerto posterior. .	retrocede.	avanza.
7	Punto muerto posterior. . .	Punto medio..	avanza.	avanza.
9	Punto medio.	Punto muerto anterior. . .	avanza.	retrocede.
3	Punto muerto anterior. . .	Punto medio..		

22. Defectos del sistema de distribucion explicado.

1.° Quedando abierta la lumbrera de admision durante todo un viaje del émbolo, sufre éste en los puntos muertos

presiones tan violentas como en cualquiera otro de su trayectoria: los cambios de direccion ó retrocesos serán, así, muy bruscos.

2.° El vapor funciona exclusivamente á *plena presion;* si el de escape encuentra dificultades para la salida, la *contrapresion* será grande; y el vapor emitido á la atmósfera, conservando aún tension considerable, supone una pérdida inútil de combustible y agua empleados en proporcionarla.

3.° En los primeros momentos del período de admision (figura 4 ú 8), quedan poco abiertas las dos lumbreras, resultando en consecuencia que el vapor admitido sufre una especie de laminacion y no dá presion suficiente en la cara *B* (figura 4); que el de escape, por la misma razon, experimenta dificultad para salir y crea grandes contrapresiones en la cara *A*.

Las condiciones mecánicas y la economía exigen, pues, la anulacion, ó decrecimiento cuando ménos, de los defectos señalados: los párrafos siguientes explican por qué modificaciones tan sencillas se ha resuelto la dificultad.

23. Recubrimiento exterior. — Conservando el distribuidor las mismas dimensiones interiores, auméntese en $c\,e = d\,h$ (figura 10′), la anchura de las pestañas ó rebordes; este suplemento es conocido con el nombre de *recubrimiento exterior*.

En virtud de esta modificacion, cuando el distribuidor se halle en el punto medio de su carrera (caso señalado por la figura 3 ó 7 de la distribucion anterior) tendrá la posicion indicada por la figura 10′.

Pero es preciso que cuando el émbolo empiece á retroceder se abra la lumbrera de admision, y esto sólo se conseguirá haciendo que el distribuidor avance en la direccion que traia una cantidad lineal $m\,n$ (figura 11′), igual al recubrimiento exterior $m\,n$ (figura 10′): la posicion inicial que ahora consideramos está representada en la figura 11′: al

punto muerto del émbolo no corresponde ya la posicion media del distribuidor, sino otra *situada más adelante, en el sentido de su marcha, á una distancia igual al recubrimiento exterior.*

El borde interior *n'* (figura 11'), se habrá separado con esto del *m'* de la lumbrera de escape una longitud igual al recubrimiento, de modo que el vapor del espacio *A* será emitido con anticipacion á la llegada del émbolo al punto muerto: la distancia *m' n'* se llama *avance ó adelanto al escape, y es igual al recubrimiento exterior.*

Partiendo de la posicion inicial (figura 11), el émbolo retrocede y el distribuidor sigue la misma direccion primero, para avanzar despues; y cuando el émbolo no ha llegado aún al final de su viaje (figura 12), el distribuidor, que de no tener recubrimiento exterior estaria en la posicion de la figura 6, ha tapado ya la lumbrera de admision, y hasta que llegue á *m*, distante de *n* una longitud igual al recubrimiento, seguirá incomunicando el cilindro con la caldera y el vapor trabajará por expansion.

La duracion del período de expansion depende, pues, de la longitud del recubrimiento exterior.

Cuando el émbolo está próximo al final de su carrera (figura 13), el distribuidor cierra la lumbrera *h* que ántes era de escape, y pone la *r* en comunicacion con la atmósfera, originándose compresion del vapor en *A* y disminucion de presion en *B* por el avance al escape, cuyas acciones combinadas hacen ménos brusco el cambio de direccion en el punto muerto; y como el vapor que escapa por *r* está dilatado, pasa á la atmósfera con la tension suficiente tan sólo para vencer su resistencia y no hay pérdidas inútiles.

La figura 14 corresponde á la posicion simétrica de la 11 para el otro viaje del émbolo.

La modificacion introducida en el distribuidor no evita

las contrapresiones, pero las hace más oportunas, pues en vez de tener lugar al principio de la carrera del émbolo (figura 3), ocurren al final (figura 13), preparando el cambio de direccion de su marcha. Además: el espacio perjudicial (figura 14), queda lleno de vapor; y cuando se descubre la lumbrera *h* de admision, hay ya un principio de accion para hacer retroceder el émbolo.

La otra mitad de la carrera del émbolo, tendria lugar con circunstancias en un todo análogas.

24. Avance á la admision. Su necesidad.—En la posicion inicial últimamente considerada (figura 11), la lumbrera de admision se abre en el mismo momento en que retrocede ó cambia de direccion el émbolo, disposicion defectuosa, como podrá apreciarse en lo que sigue.

El vapor procedente de la caldera ejerce su presion sobre el distribuidor, apretándole fuertemente contra la pared plana *NP* (figura 1), engendrándose en consecuencia rozamientos de consideracion entre ámbos: la varilla que mueve el distribuidor se alarga ó acorta con esto, segun la accion de la resistencia debida al rozamiento, y puede llegar á suceder que aquél se retrase, y en vez de estar en la posicion 2 (figura 3), haya llegado tan sólo á la 1. Entónces el movimiento retrógado del émbolo, debido tan sólo á la velocidad adquirida en la máquina, hace el vacío en *B*, miéntras que la cara *A* rechazará el vapor á la caldera, de modo que éste, en vez de obrar como agente motor, hace de fuerza resistente contraria al movimiento iniciado; es decir, la máquina trabaja á *contravapor*.

El retraso del distribuidor puede llegar á ser de 4 á 5 milímetros.

Puede salvarse la dificultad dando al distribuidor un nuevo adelanto ó avance lineal, semejante al ya impuesto (figura 11′), con motivo del recubrimiento exterior. Sucederá entónces que al llegar el émbolo á uno de sus puntos

muertos (figura 15), está ya algo descubierta la lumbrera de admision, y aquél habrá trabajado durante algunos instantes á contravapor.

25. Recubrimiento interior.—El recubrimiento exterior proporcionó un *avance á la emision*; el avance á la admision lo aumenta, resultando, en resúmen, que el *avance á la emision ó escape, es igual á la suma del recubrimiento exterior y del avance lineal á la admision.* Este avance total al escape es ya excesivo y dá lugar á una emision de vapor demasiado anticipada, con pérdida de su efecto útil: para disminuirlo no hay más que formar un *recubrimiento interior h u* (figura 15), ó pestaña, con lo cual el avance al escape se hace independientemente de los elementos ántes citados, y resulta en todos casos ser igual *al avance á la admision, más el recubrimiento exterior, ménos el interior.*

Fácilmente se concibe que el recubrimiento interior suma su efecto con el exterior, aumentando los períodos de expansion y compresion.

26. Constituido así el distribuidor, la carrera doble del émbolo (ida y vuelta) comprende los seis períodos siguientes para una cara de éste, la *B* por ejemplo.

1.° Admision. (Figura 16.)—Verifícase para la cara *B* y escape para la *A*. El émbolo y distribuidor marchan al principio con la misma direccion; pero el segundo retrocede despues, continuando la admision hasta que llega á cerrarse la lumbrera correspondiente.

2.° Expansion. (Figura 17.)—El vapor del espacio *B* se dilata: el del *A* sigue escapándose primero; y despues, quedando cerrada la lumbrera de emision, sufre *compresion.* El émbolo y distribuidor continúan su marcha en la misma direccion que tenian al terminar el primer período.

3.° Avance al escape. (Figura 18.)—Empieza á descubrirse para el escape la lumbrera que era de admision: continúa la compresion en el espacio *A*, primero: despues termi-

na, y antes que el émbolo haya llegado al fin de su viaje comienza la admision para dicha cara.

El émbolo y distribuidor continúan en la direccion señalada por las flechas.

4.° Escape. (Figura 19.)—Continúa el escape del vapor que obraba sobre la cara *B:* es período de admision para la *A*. El émbolo retrocede: el distribuidor marcha al principio en la direccion que traia, y que ahora resulta ser la misma que la del émbolo, pero retrocede despues hasta venir á tapar la lumbrera de escape.

5.° Compresion. (Figura 20.)—El vapor del espacio *B* se comprime; en cambio el de *A* se dilata primero, para despues escapar antes de la finalizacion del período.

El émbolo y distribuidor siguen con la direccion que traian.

6.° Avance á la admision. (Figura 21.)—Antes de que el émbolo haya terminado su carrera, ha quedado descubierta la lumbrera de admision: el émbolo marcha algunos instantes á contravapor, continuando el escape para la cara *A*.

Se habrá podido ver, por lo que precede, que en la cara *A* los períodos son en igual número, pero diametralmente opuestos á los de la *B*.

La duracion del período de expansion depende de la longitud de carrera del distribuidor: cuanto menor sea, las pestañas cubrirán durante mayor tiempo las lumbreras de admision. Lo mismo puede decirse del período de compresion (capítulo IV, número **145**).

27. Con las nuevas dimensiones asignadas al distribuidor, se ha aumentado la longitud de su carrera. Siendo *A* y *A'* las posiciones límites (figura 22), la carrera *C* es igual á $bc+cd+de+ea$, y como

$bc = de =$ anchura de la lumbrera,

$cd =$ recubrimiento interior,

$ae =$ recubrimiento exterior,

será:

$C = 2$ anchura de la lumbrera + recubrimiento exterior
+ id. interior.

Estos dos últimos sumandos componen el exceso de C sobre el valor análogo para el caso de distribuidor sin recubrimientos.

Si se reasume cuanto queda dicho respecto á la distribucion operada con el distribuidor modificado, podrá verse que los elementos esenciales que influyen en la duracion y órden relativo de los periodos, son: los recubrimientos exterior é interior, y el avance lineal á la admision.

Del recubrimiento exterior nace el periodo de expansion, necesario á la economía de vapor y buena marcha del émbolo: origina tambien el de compresion, que si bien crea un trabajo resistente que disminuye la potencia de la máquina, amortigua la velocidad del émbolo en los puntos muertos y prepara su fácil retroceso: además, llena con vapor ya gastado, y cuya tension llega á ser próximamente igual á la de la caldera por la compresion (*), el espacio nocivo, economizando una cantidad igual del que, procedente del generador, ha de penetrar en el periodo de admision que sigue.

El recubrimiento interior aumenta la duracion de los periodos de expansion y compresion y hace independiente del exterior el avance lineal al escape.

El avance lineal á la admision crea el periodo de trabajo á contravapor en los puntos muertos del émbolo, y bajo este punto de vista es ventajoso, así como la compresion, siempre que no sea muy prolongado. Tambien depende de él el avance al escape.

Como el recubrimiento interior aumenta el periodo de

(*) Esta compresion no llega á dar nunca al vapor dilatado la presion marcada por el manómetro, porque el enfriamiento relativo de los cilindros disminuye su temperatura.

compresion, que, si es de duracion excesiva, degenera en perjudicial porque acrecenta el trabajo resistente, no suele exceder mucho de $0^m,001$ en la generalidad de los casos.

Fácilmente se comprenderá, por lo que precede, las alteraciones que experimentan los períodos de la distribucion, por las que se hace sufrir á los elementos.

Cuando se aumenta el recubrimiento exterior sin variar la longitud de carrera del distribuidor, y conservando el mismo adelanto á la admision, se aumenta el avance al escape.

Si el crecimiento se verifica á expensas del avance lineal, cara *B* (figuras 16 y 17), se anticipa y aumenta la expansion á expensas tambien de la admision, y crece la compresion, cara *A*, disminuyéndose el período de avance á la admision.

El aumento de avance lineal adelanta todos los períodos: y como al de admision precede el de avance á la misma, crece el período de trabajo á contravapor á expensas de aquél.

Se aumenta tambien el avance al escape.

Cuando el émbolo se halla en la posicion que señala la figura 17, el distribuidor estará ya en la 18, porque su carrera es la misma. Se ha adelantado, pues, la expansion, cara *B*, y la compresion, cara *A*. Este adelanto, unido al ya citado del avance á la admision ó períodos de contravapor, hace sufrir al émbolo, á mitad de la carrera, presiones menores y contrapresiones anticipadas, trabajando en su consecuencia en condiciones sumamente desfavorables.

CAPÍTULO II.

NOMENCLATURA.

28. En el presente capítulo hacemos una ligera descripcion de la locomotora, para que pudiendo el lector formarse *á priori* idea del conjunto de la máquina y papel que desempeñan las diversas piezas de su organismo, pueda, con mejor conocimiento del asunto, pasar á estudiar separadamente cada parte detallada, en los capítulos sucesivos. Al propio tiempo enunciarémos los nombres usuales de las piezas, circunstancia indispensable para la buena inteligencia del lector en el curso de estas lecciones. En este estudio, como en la mayor parte de los de aplicacion, el vocabulario de los

prácticos suele apartarse bastante del empleado en las obras técnicas, siendo ésta una de las primeras, y no más insignificante, dificultades que se presentan en la práctica y que hemos procurado salvar, aceptando la nomenclatura más generalmente usada por los maquinistas y fogoneros.

Debemos, sin embargo, hacer á este propósito una observacion: en los primitivos tiempos de la explotacion de las vias férreas españolas, la mayor parte de los maquinistas, si no todos, que las empresas tomaron á su servicio, eran extranjeros, especialmente franceses, los cuales introdugeron un gran número de términos, traduccion grosera de su idioma al español, que fueron aceptados por los maquinistas españoles y que no hemos querido, sin embargo, conservar: tales son *robinetes*, de la palabra francesa *robinet* (grifo); *bielas*, del frances *bielles* (bielas); *supapas*, de *soupapes* (válvulas); *bulones* (*boulons*), pernos, y algunas otras.

29. La locomotora es una máquina de vapor móvil que arrastra consigo el hogar, la caldera y la chimenea. En el estudio que de ella hemos de hacer, la consideraremos bajo dos puntos de vista distintos: como máquina de vapor y como vehículo: igual division adoptaremos en este capítulo al hacer su descripcion.

MAQUINA DE VAPOR.

Al estudiar la locomotora bajo este aspecto, hemos de considerar: primero, el modo de producirse el vapor; y segundo, como el vapor producido obra para conseguir el movimiento rápido de traslacion.

APARATOS GENERADORES DEL VAPOR.

30. Caldera. (Lámina 3.)—La caldera, donde va el agua que ha de proporcionar el vapor necesario, es de forma cilín-

drica, y de las llamadas *tubulares*; es decir, que tiene en su interior un gran número de tubos *q*, apoyados por sus extremos en las planchas *a*, llamadas por esta razon *placas tubulares*. Los tubos conducen á la chimenea el aire, humos y gases procedentes de la combustion en el hogar; y como se encuentran á una gran temperatura, pueden así ceder una buena cantidad de calórico al agua de la caldera, antes de escaparse á la atmósfera por la chimenea. El número de tubos ha ido cada vez en aumento, consiguiéndose de este modo no sólo un mejor aprovechamiento del combustible que se quema en el fogon, si no que tambien una considerable superficie de calefaccion que permite obtener vaporizacion abundante, necesaria para la marcha de la locomotora. La caldera tubular es uno de los caractéres distintivos de la máquina locomotora. La parte de caldera que contiene la tubería se llama *cuerpo cilíndrico*, *q*, por la forma que afecta; á ella sigue la *caja de fuegos exterior a' m*, dentro de la cual se halla el *cajon de fuegos i*, espacio de forma generalmente prismática dedicado á cámara de combustion, por lo que es llamado tambien *hogar*. El hogar va separado de la caja exterior de fuego por medio de los *virotillos j*: el espacio *l*, está cerrado en la parte inferior por un *marco* de hierro *m*, afirmado con roblones; por esta disposicion se consigue tener una capa de agua que baña interiormente las superficies del hogar lamidas por la llama y gases ó en contacto con el carbon. Otro marco idéntico hay en *m'*, formando una abertura destinada al cuidado del fuego, y cerrada por la *portezuela del hogar D*.

El cielo del hogar *p'*, sujeto no sólo á la presion debida á la altura del agua que sobre él carga, sino tambien á la considerable del vapor existente en el interior de la caldera, se refuerza con las *armaduras o*; *p* es un *tapon fusible* que liquidándose por la accion del fuego cuando su otro extremo, situado en la superficie interior del cielo del hogar, no

está bañado por el agua, hace que el vapor penetre en el cajon de fuegos, y apague el combustible encendido, impidiéndose así que las paredes del hogar se quemen.

En la pared opuesta á la portezuela del hogar, el cajon de fuegos se cierra con la *placa tubular a:* los tubos están mantenidos en los agujeros abiertos en ésta, por otros más pequeños *q'*, ligeramente cónicos, que hacen de cuñas, y se llaman *casquillos*.

En la parte inferior del cajon de fuegos está la *rejilla* ó *parrilla r*, sobre la que se coloca el combustible: compónese de *barrotes* más ó ménos espaciados, segun la naturaleza del carbon empleado.

Por debajo de la rejilla se coloca el *cenicero r'*, que es un cajon de palastro, unas veces con fondo y otras sin él: en el primer caso la pared anterior es movible, y forma *registro* para regular la entrada del aire en el hogar; en el segundo no existe pared anterior: en ámbos tiene por mision precaver el incendio que pudiera resultar en los objetos próximos á la vía, por la proyeccion de trozos de carbon incandescentes caidos de la rejilla.

Los ángulos inferiores de la caja exterior de fuego llevan *agujeros de limpieza s* (lámina 2), tapados con *planchuelas* de hierro, asegurada cada una con dos pernos; y en las paredes laterales, por la parte inferior, la *llave de desagüe y limpieza s'*.

Para disminuir el efecto de la baja temperatura del aire exterior sobre el vapor, al cual podria enfriar y condensar, la caldera va envuelta de una chapa delgada de palastro *t* llamada *camisa* (lámina 3), quedando entre ambas un espacio ó cámara *a'* de aire aislador del calor.

31. Cúpula.—Por encima de la fila superior de tubos *q*, queda aún una gran parte del cilindro de la caldera, en la que se aloja el agua, cuyo nivel se tiene especial cuidado en mantener constantemente superior al de los tubos y plan-

chas lamidas por la llama, humo, gases ó aire caliente; circunstancia indispensable, segun verémos en el lugar correspondiente, para la conservacion de los metales. El agua no ocupa toda la altura de la caldera, sino que deja en la parte superior un espacio en donde se aloja el vapor producido; y considerándose áun insuficiente esta capacidad, se ha tratado de aumentarla para poder así almacenar mayor cantidad de vapor, del que se podrá disponer miéntras la combustion produce nuevos volúmenes. Con este objeto se ha añadido á la caldera una caja *c* (láminas 2 y 3), llamada *caja de toma de vapor*, *caja de vapor* ó simplemente *cúpula* ó *sombrero*. Su forma es generalmente la de un cilindro coronado por un casquete esférico y lleva una camisa *c'*, análoga á la de la caldera. En algunas máquinas la cúpula no existe y el aumento de capacidad para el vapor se obtiene aumentando el diámetro de la caldera.

32. Válvulas de seguridad.—El casquete de la cúpula se termina por un pequeño chaflan plano *c''* (lámina 3), en el que hay dos orificios cuya mision es dar salida al vapor en determinadas circunstancias; los orificios se mantienen herméticamente cerrados por tapaderas metálicas bien ajustadas, que van unidas á unas palancas *b''* (lámina 6, figuras 18 y 20), que pueden girar por uno de sus extremos *d* unido al casquete, miéntras que el otro se encuentra contínuamente solicitado hácia la parte inferior por muelles ó resortes en espiral, encerrados en los cilindros *b* fijos á la caldera. Las tapaderas sufren por la parte interior la presion del vapor, que tiende á separarlas de los orificios; y por la parte exterior, la presion atmosférica y la producida por los resortes por el intermedio de la palanca *b''*. Si la presion interior vence, los orificios se abrirán y el vapor se escapará por ellos en abundancia hasta que aquella se equilibre ó haga inferior á la exterior. Las tapaderas reciben el nombre de *válvulas de seguridad*; y como acabamos de decir, y su nombre indica,

tienen por objeto dar paso al vapor cuando éste llegue á adquirir una presion grande, superior á la resistencia de la caldera. El nombre de *caja de toma de vapor*, asignado tambien á la *cúpula*, procede de que, en efecto, el vapor que ha de obrar en los cilindros se toma en esta capacidad por medio de un tubo *e* (lámina 3), llamado por esta razon *tubo de toma de vapor*. Para permitir ó interrumpir á voluntad la entrada del vapor en este tubo lleva en su extremo una tapa corredera *f*, que tiene el nombre de *regulador*, y que el maquinista puede maniobrar desde la plataforma por medio de la barra *g* (láminas 2 y 3), llamada *varilla del regulador*, á cuyo extremo *g'* (lámina 6, figura 4), hay una palanca *m'*, á ángulo recto con la varilla, que recibe el nombre de *palanca del regulador*. La palanca acodada *f'* (láminas 2 y 3) une el regulador á su varilla, y comunica á aquel los movimientos de ésta. Haciendo resbalar la varilla en el sentido de la flecha, el regulador descubre los orificios del extremo del tubo de toma de vapor, y el movimiento opuesto los cierra. En el paso de la varilla por las paredes cilíndricas de la cúpula, hay una *caja de estopas h*, para impedir las fugas de vapor.

33. Accesorios de la caldera.—Para dar señales de aviso, lleva la locomotora un *silbato e'* (lámina 3), que funciona del siguiente modo. En la parte posterior y superior de la caldera hay una capacidad *t'* en comunicacion con ella: á través de *t'*, por un tubo fundido con la pieza, pasa la varilla del regulador sin necesidad de caja de estopa. En la parte superior de la caja hay un orificio cerrado, con una pequeña válvula que se maniobra fácilmente con la palanca *N*: cuando el orificio está abierto, el vapor que sale por él choca fuertemente con los bordes de una campanilla de bronce *u* y produce un silbido agudo.

La figura 1 de la lámina 4, presenta una vista de la locomotora por la parte posterior. En ella se vé el tubo de vidrio *A*, llamado *indicador del nivel de agua*: tiene dos codos me-

tálicos en sus extremos, por los que comunica con la caldera, dando á conocer el nivel del agua en ésta y cuándo se hace necesario alimentar. Para el caso de inutilizarse el tubo de vidrio hay tres pequeños grifos ó llaves *C*, colocados á distinta altura, que sirven para comprobar el nivel viendo si al abrirlos sale agua ó vapor: por el servicio que prestan se les ha dado el nombre de *grifos verificadores del nivel de agua.*

En *D* está la *portezuela del hogar*: encima de ella se encuentra un tubo *E*, de toma de vapor, bifurcado en su nacimiento en otros dos que van á parar al tender, conduciendo vapor de la caldera para calentar el agua de alimentacion, razon por la cual se denominan *tubos calentadores*. *F*, es un *manómetro* metálico que indica en atmósferas la tension del vapor formado en el generador: se comunica con éste por medio del pequeño tubo *G*, provisto de su llave correspondiente *H*.

Para el empleo del contravapor como freno suele haber una llave de toma, que se divide en dos pequeños tubos dirigidos á los cilindros, en donde penetran.

En *M* están los *anteojos*, asegurados en una plancha de palastro llamada *pantalla:* sirven para poder examinar, sin que el viento incomode, la parte de vía que hay delante. La manezuela *N* del silbato atraviesa la plancha de palastro de los cristales.

Encima de la caldera va un arca de fundicion *O* (láminas 2 y 3), llamada *arenero*, porque en efecto, contiene arena que, conducida por los tubos *P*, viene á caer sobre los carriles, aumentando de este modo el rozamiento de resbaladura é impidiendo que las ruedas *patinen*, es decir, giren sobre el mismo sitio resbalando sobre el mismo punto del carril. Se emplea el arenero en las rampas, cuando la carga es muy considerable ó la niebla mantiene húmedos los carriles. La salida de la arena se obtiene maniobrando una pequeña válvula *Q* (lámina 2), por medio de la varilla *R*. Cuando ésta se

mueve en sentido de su longitud hácia adelante, se abre, y en sentido contrario, se cierra.

La misma varilla, haciéndola girar á derecha ó izquierda, maniobra tambien el *ventilador*, pequeño tubo *S*, que toma vapor de la caldera y lo conduce á la chimenea, para activar la combustion en el hogar.

34. Caja de humo.—A la terminacion de los tubos existe un espacio *V* (lámina 3), llamado *caja de humo*, formado por la placa tubular, por la pared *V'*, en donde está la puerta de la *caja de humo*, y por el piso, cubriéndose con una superficie cilíndrica, continuacion de la caldera.

En el techo hay un orificio donde empieza la *chimenea Z*; por ella se emiten los gases y aire caliente resultado de la combustion, despues de atravesar los tubos y caja de humos. En la caja de humos se encuentra: el *registro A* (lámina 2), cerrado con una chapa de palastro que resbala entre dos guias, y puede cubrir ó descubrir á voluntad parte ó el todo de la abertura. Sirve para regularizar la combustion, segun con más detalles verémos más adelante.

El tubo *e* (lámina 3), de toma de vapor, partiendo del interior de la caldera se divide en dos *B'*, cada uno de los cuales termina en un cilindro.

El *tubo de escape C'*, conduce á la chimenea el vapor que trabajó en los cilindros: su abertura superior está provista de una válvula compuesta de dos planchas *D'*, cuya separacion puede variarse por medio del volante 23 (lámina 23), reduciendo ó aumentando el orificio de la salida. Esta válvula toma el nombre de *válvula de escape*. La salida del vapor de cada cilindro por el tubo de escape en una embolada (*) se llama *pulsacion*.

La puerta *F'* (lámina 3), es de dos hojas, con su falleba, que engancha en la parte superior.

(*) Carrera del émbolo, de uno á otro punto muerto.

Para detener los pequeños trozos de carbon incandescente arrastrados por la corriente gaseosa y evitar su proyeccion por la chimenea, á la vía ó partes vecinas, se coloca una rejilla *F''*, encima de la hilada superior de los tubos.

Finalmente, la chimenea lleva hácia la mitad de su altura una pequeña plancha de pálastro con el número de la máquina, y suele tener un capuchon *G'* (lámina 23) para regularizar la combustion en el hogar.

RECEPTORES Y ÓRGANOS DE TRASMISION.

35. Segun hemos visto (números **11** y **20**) la locomotora tiene dos cilindros *H'* (lámina 1, figura 1), de fundicion, cerrados en sus bases con *tapas* de igual naturaleza: cada uno de ellos tiene dos aberturas *F*, *E*, de forma rectangular prolongada, llamadas *lumbreras*, por las que penetra el vapor, y sale despues de haber ejercido su accion sobre el émbolo. Al lado de cada cilindro hay un espacio cerrado *L*, denominado *caja de distribucion*, en donde desemboca el vapor de la caldera conducido por el correspondiente tubo, para pasar despues al cilindro por otras lumbreras *a* y *b* que se comunican con la de éste. Hay, pues, *lumbreras del cilindro* y *lumbreras de la caja de distribucion:* el plano *N P* en que estas últimas se encuentran, se llama *tabla de lumbreras*, y entre las dos de admision se halla otra *Q*, denominada *de escape*, en comunicacion constante con el tubo del mismo nombre por el intermedio *distribuidor*.

Al pié de las lumbreras está la reglilla *O'* (lámina 3) que sirve de guia rectilínea á la *corredera O''*, pieza importante que distribuye el vapor á uno y otro lado del émbolo, por cuya razon es llamada tambien *válvula de distribucion*, ó simplemente *distribuidor*.

El émbolo tiene dos gargantas *r r* (lámina 7, figura 10), para alojar los *aros* ó *anillos* que prensan, por su elasticidad,

la superficie interior del cilindro, estableciendo la separacion de las dos partes en que lo divide: para trasmitir al exterior sus movimientos, sirve la barra *D*, denominada *barra* ó *vástago del émbolo*, atravesando al efecto la tapa posterior del cilindro y una *caja de estopas T*, que impide la salida del vapor. Tanto el émbolo como su barra ó vástago, que le está invariablemente unido, tienen un movimiento rectilíneo alternativo, el cual se convierte en circular de las ruedas por cualquiera de los dos procedimientos siguientes. En el primero, peculiar á las máquinas de cilindros interiores, el extremo de la barra de émbolo se articula á una *biela C*, llamada *motriz*, por el papel que desempeña, que mueve al *eje motor O'*, merced al *codo O*, llamado tambien *cigüeña* ó *berbiquí*. En la segunda disposicion, aplicada al caso de cilindros exteriores, la biela motriz obra sobre una *muñequilla* ó *mangueta m'* (lámina 23) de la rueda motora. En ámbos la articulacion de la biela con el vástago tiene lugar en una pieza *A*, denominada *taco*, y aún mejor *resbaladera*, porque, en efecto, resbala sobre las guias *B*, llamadas *paralelas*.

Las bielas motrices terminan en una *cabeza pequeña* para articularse con el taco, y otra *grande* que abraza el codo del eje ó muñequilla de la rueda. La parte *a* de rozamiento de la cabeza grande con el codo ó muñequilla, se hace de bronce y se llama *cojinete:* está compuesto de dos mitades, cuya union se gradúa por medio de cuñas *b*, denominadas *llaves:* un cojinete análogo, aunque de dimensiones menores, existe en la cabeza pequeña de la biela motriz.

La corredera ó distribuidor tiene una varilla *T* (lámina 3) que sale al exterior atravesando las tapas de la caja de distribucion, por cajas de estopas semejantes á la de la barra del émbolo, y guiada tambien en su movimiento rectilíneo por unos cojinetes ó abrazaderas *T'''*, terminándose en horquilla que abraza un taco *T''*. La varilla del distribuidor no va unida inmediatamente á éste, sino á un marco *Z'* que lo

contiene. El movimiento alternativo del distribuidor es dado por la máquina misma. Al efecto, están acuñados en el eje motor unos discos circulares X, denominados *excéntricos* ó *excéntricas*, á causa de no coincidir su centro con el del eje, que tienen en su contorno una canal ó garganta como la de las poleas, en donde se aloja un *aro* ó *anillo* X', provisto de un cojinete X'' de bronce, de forma circular. Únese al aro de las excéntricas la *barra de excéntrica* a_1 que termina por su otro extremo en horquilla para articularse al *sector* a_2, que es una pieza compuesta de dos arcos de círculo paralelos unidos en sus extremidades. El extremo de la varilla del distribuidor queda alojado en el sector, como se vé en a_3. Hay dos excéntricas para cada sector y un sector para cada corredera. Los sectores tienen movimientos independientes, pero ámbos están suspendidos del bastidor b_1 por medio de las varillas b_2 articuladas á un árbol: b_3 es un contrapeso que equilibra el de los sectores y la suspension.

El movimiento del eje produce el de los excéntricos, y éstos á su vez hacen avanzar y retroceder alternativamente los extremos del sector, con lo cual resulta para el distribuidor el movimiento rectilíneo alternativo que se deseaba obtener.

El taco ó cuadrante b' (lámina 23) no ocupa siempre el mismo sitio en el mismo sector, sino que puede variarse á voluntad levantando ó bajando los dos sectores por medio de la palanca E y las barras de trasmision M, N. Así se puede variar la longitud de la carrera del distribuidor, y con ella la duracion de los períodos de admision y expansion. Para efectuar la graduacion conveniente, la palanca se mueve dentro de dos arcos dentados M'; los dientes se llaman *puntos*, y se fija la posicion de aquella, merced á una especie de falleba que engrana en éstos.

Tambien sirve la palanca para cambiar el sentido de la marcha, y este empleo le dá el nombre de *palanca de cambio*

de marcha con que es conocida. El punto medio del arco dentado se llama *punto muerto* y corresponde á la posicion del taco en la mitad del sector, para la cual no hay movimiento en el distribuidor, quedando cerradas las lumbreras. La mitad anterior del arco dentado sirve para la marcha adelante, con graduaciones diversas de expansion; la mitad posterior, para la marcha atrás.

36. Accesorios de los órganos descritos.—Los cilindros y cajas de distribucion suelen contener una cierta cantidad de agua, que proviene de la condensacion del vapor por enfriamiento de las paredes de estos receptáculos. Al admitir nuevas cantidades de vapor, el agua condensada es arrastrada hácia el tubo de escape y sale por la chimenea en forma de lluvia menuda: se dice entónces que la máquina *escupe*.

Para dar salida al agua de condensacion, tiene cada cilindro en la parte interior dos grifos A' B' (lámina 7, figura 10), uno en cada extremo; y otro, en la caja de distribucion. Reciben el nombre de *grifos purgadores*, *de desahogo* ó *de desagüe*, y se maniobran con la varilla c_1 (lámina 2). Esta maniobra se hace generalmente al romper la marcha: parte del vapor nuevamente admitido sale por los grifos purgadores arrastrando el agua.

En los cilindros, paralelas, cajas de estopas y en general en las piezas sujetas á rozamientos, hay tazas ó vasos, provistos de materia lubrificante que la reparten en las superficies de contacto. Reciben el nombre de *tacillas lubrificadoras*, y aún mejor el de *aceiteros*, por ser el aceite la materia más comunmente empleada: con igual objeto, en todas las articulaciones hay ranuras ó pequeños agujeros.

Para evitar que en las articulaciones se salgan los ejes de las anillas correspondientes, hay *chavetas* y *pasadores* que lo impiden.

37. Alimentacion.—El agua de alimentacion es conduci-

da por el tender y se inyecta en la caldera por medio de *bombas* y más generalmente con un aparato llamado *Giffard*, d_1, del nombre de su inventor: los tubos se denominan de *alimentacion*.

VEHÍCULO.

38. La caldera con su fogon y los cilindros descansan sobre un *bastidor* de forma rectangular, compuesto de dos planchas de hierro 1 (lámina 2), puestas de canto, en sentido de los lados mayores, llamados *largueros;* y dos *traviesas* ó *cabeceras* 2 y 3, como lados menores. Las traviesas se distinguen con los nombres de *delantera* ó *trasera*, segun su posicion en el bastidor con relacion á la caldera: pueden ser de madera ambas ó de hierro, ó la delantera de madera y la trasera de hierro (lámina 3).

La caldera se une al bastidor por uno de sus extremos, caja de humos ó cajon de fuegos, generalmente por el primero: el otro extremo descansa en consolas cosidas al bastidor, que permiten las dilataciones que por el calor ha de sufrir aquélla: finalmente, en el intermedio, el cuerpo cilíndrico se apoya en dos ó más planchas de palastro b_1, cosidas al bastidor, que se llaman *puentecillos*.

Sobre la prolongacion de los largueros, detrás de la caja de humos, descansa un piso de palastro 4 ó *plataforma*, lugar destinado al maquinista. La anchura de la plataforma es mayor que la del bastidor, para cuyo efecto la parte volada lateralmente lo está sobre escuadras de hierro cosidas á los largueros á ángulo recto; y del mismo modo se prolonga á lo largo del cuerpo cilíndrico de la caldera y caja de humos, hasta llegar á la traviesa delantera, de modo que puede recorrerse toda la máquina, sirviendo de apoyo un pasamanos unido á la caldera (lámina 23). En algunas máquinas sirve de pasamanos la varilla que maniobra la válvula del

tubo de escape (lámina 2) por un lado, y por el otro la del ventilador y registro de la caja de humos. La plataforma posterior va separada de la lateral por un *balconcillo* 5: á ella vienen á parar todas las varillas de las válvulas, registros, llaves, etc. En las paredes exteriores del balconcillo se fija una pequeña plancha elíptica, con la marca de fábrica de la máquina, y en algunas líneas otra además con los nombres del maquinista y fogonero.

El bastidor que soporta el peso de la caldera, cilindros y plataforma, no descansa inmediatamente sobre los ejes; pues de ser así, los movimientos de la máquina serian durísimos y las trepidaciones destruirian con suma facilidad todo el organismo. Hay un intermedio flexible, cuyo conjunto se conoce con el nombre de *suspension*, dispuesto como sigue. En el lugar correspondiente á cada rueda, y á uno y otro lado, los largueros del bastidor tienen dos barras de hierro 6 (lámina 2), llamadas *espárragos* ó *arbolillos*, cuyos extremos superiores se suspenden de los de una *ballesta* ó *muelle* 7, formado con hojas de acero ó hierro acerado. La parte media del muelle tiene una *abrazadera* 9 (lámina 4, figura 1), unida á la barra vertical 8, denominada *bela* ó *varilla de presion*, y ésta es la que refiere el peso al eje 11 por el intermedio de las *cajas de grasa*. Resumiendo: el bastidor descansa sobre los muelles y éstos trasmiten el peso á los ejes por medio de la varilla de suspension.

Las cajas de grasa, llamadas así porque contienen materia lubrificante, abrazan al eje, descansando sobre él: un *semicojinete* interior de bronce verifica el contacto. En la tapa superior se encuentra un orificio k_1 para alojar la extremidad inferior de la varilla de presion y una cavidad para colocar el aceite, el cual, por medio de pequeñas *mechas* que hacen de sifon, pasa por unos agujeros que taladran el cojinete hasta la superficie interior de éste, en contacto con el eje, extendiéndose en las superficies de rozamiento por unas

ranuras ó pequeñas canales llamadas *patas de araña*, practicadas en dicha superficie interior. Los largueros del bastidor se prolongan inferiormente en el sitio h_2 (lámina 3), correspondiente á los ejes, dejando en medio una abertura para la colocacion de la caja de grasa. En los bordes interiores de esta abertura van cosidas unas piezas m_1, de hierro en escuadra, reforzadas con nervios, llamadas *guias:* las cajas de grasa tienen unas canales laterales por las que abrazan á las guias. De este modo el bastidor, en sus movimientos verticales originados por la flexibilidad de los muelles, conservando una posicion invariable con respecto á los ejes, impide el que éstos tomen una direccion oblícua á la vía, y por lo tanto, que las ruedas salgan de los carriles. Del importante oficio desempeñado por los apéndices h_2 del bastidor, ha nacido su nombre de *placas de seguridad.* Los ejes son *rectos* ó *acodados*, llamados tambien de *cigüeña* ó *berbiquí.* Todos ellos constan de tres partes: la media 20 (lámina 4, figura 1), se denomina *cuerpo del eje;* la parte extrema 12, que se acuña con la rueda, *cubo;* y la 11, que sirve de sosten al cojinete, caja de grasa y bastidor, *mangueta.* Las ruedas están acuñadas al eje, y por consecuencia giran con él (lámina 2). Constan de dos partes principales *centro* y *llanta.* El centro se compone del *cubo* 21, *rayos* 13 y *aro* 14: en la llanta se distingue la *rodadura* 15 ó llanta propiamente dicha, y las *pestañas* 16, que obligan á la rueda á estar en carriles. Las ruedas de un mismo lado suelen unirse con *bielas de acoplamiento* 22, cuyo objeto es ponerlas en dependencia inmediata de movimientos: los extremos forman *cabezas*, análogas á las ya indicadas de la biela motriz que, como éstas, llevan *cojinetes* y *llaves* para abrazar y sujetar los *botones* ó *muñequillas* 19, acuñados á unos macizos de fundicion situados entre dos rayos. Para equilibrar en el movimiento á las bielas, llevan las ruedas en los extremos del diámetro que pasa por la muñequilla las masas de fundicion ó *contrapesos* 24. En

la traviesa delantera de la máquina hay dos topes 25, que prensan una materia elástica contenida en una pequeña caja unida á aquélla con pernos, y en el medio un *gàrfio de traccion* 26 (lámina 3), del que pende el *tensor* 27, cuyo objeto es reunir la locomotora á otro carruaje: á uno y otro lado del tensor se ven las *cadenas de seguridad* 28, que se enganchan en la traviesa trasera del carruaje que precede, para que ejecuten la traccion en el caso de faltar el tensor. El conjunto de estas partes se llama *enganche*. Paralelamente á la plataforma del maquinista, por la parte inferior de los largueros, se coloca otra plancha de palastro 28′, unida á aquella con pequeños largueros para consolidarla. En la especie de caja que se forma penetra la *barra de traccion* 29 de la máquina, asegurada con el *pasador* 30 á la tapa y fondo.

Las barras 31, aseguradas á los largueros, descienden hasta una pequeña distancia de los carriles; se les llama *escobas* y tienen por objeto apartar las piedras ú objetos que pudieran hacer descarrilar la máquina. Cuando las ruedas pasan por encima de la plataforma lateral, se cubren con planchas circulares de palastro 32, llenas ó caladas, para evitar el peligro en que el maquinista ó fogonero se veria si por distraccion metia los piés entre dos rayos.

La locomotora lleva faroles de señales encima de la traviesa delantera y en la parte superior de la puerta de la caja de humos.

Finalmente: por encima de la plataforma suelen llevar las máquinas un *abrigo para el maquinista*, compuesto unas veces de un *toldo* 33, sostenido por barras que hacen de piés derechos, unidos al balconcillo; y otras veces, como sucede en muchas líneas extranjeras, paredes laterales y ventanas formando pequeñas habitaciones.

En la breve descripcion que precede se ha seguido principalmente la locomotora mixta, de la línea de Madrid, Zaragoza y Alicante. (Láminas 2 y 3.)

La nomenclatura precedente no es completa: faltan algunos nombres técnicos de pequeñas piezas, que se darán á conocer en la descripcion más detallada, contenida en el capítulo que sigue, y que no ha sido posible describir en el presente, so pena de hacerlo demasiado extenso, sacándolo de los límites prudenciales: todos ellos están comprendidos en el vocabulario puesto al fin de la obra.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA LOCOMOTORA

CAPÍTULO III.

GENERACION DEL VAPOR.

ARTÍCULO PRIMERO.

CALDERA.

39. Puede suponerse el generador como compuesto de dos partes principales:

1.ª El sistema interior formado por la *superficie de calefaccion;* es decir, el hogar y los tubos.

2.ª La envolvente exterior, que comprende la caja exterior de fuego, el cuerpo cilíndrico de la caldera y la caja de humo.

40. Superficie de calefaccion.—Hogar.—Las paredes del hogar, ó cajon interior de fuego, reciben la accion calo-

rífica del combustible quemado en la rejilla, por contacto de la brasa, llamas, gases y aire caliente y por radiacion.

Ningun metal podria resistir por mucho tiempo sin alterarse la elevada temperatura que se desarrolla en el hogar, si estuviese expuesto á ella en todos los puntos de su superficie; pero aquí no existe este peligro, porque las paredes del cajon están interiormente bañadas por el agua, que absorbe inmediatamente el calor que reciben. Así es que cuando por cualquier causa las paredes del hogar no pueden trasmitir el calórico que adquieren, alcanzan elevadas temperaturas, á las cuales el metal pierde su tenacidad y dureza. Tal sucede con las incrustaciones pétreas que, procedentes de la impureza de las aguas, se forman y adhieren á las superficies interiores del cajon, impidiendo que el agua las bañe directamente: como poseen poca conductibilidad calorífica, el metal almacena un gran número de calorías y se deteriora rápidamente de dos modos distintos: por la presion interior del vapor, que causa abolladuras y grietas, y por el desgaste originado por el roce de las partículas de combustible que arrastra la corriente gaseosa.

Estos mismos efectos se producen, áun con aguas puras, cuando la imprevision del maquinista deja desguarnecidas de agua las paredes ó techo del hogar.

Las líneas anteriores demuestran la imprescindible necesidad de dotar al cajon de fuego de una capa de agua que bañe interiormente sus paredes, y de aplicar á la construccion metales muy conductores del calor. Empléase por esta razon con preferencia la plancha de cobre, que reune además la ventaja de conservar la mayor parte de su valor, áun despues de viejo.

El hierro se destruye rápidamente por la oxidacion que, cuando se manifiesta alguna grieta que dá paso al agua, crece considerablemente, y por la temperatura; sin embargo; la accion de ésta última es ménos sensible para los pa-

lastros de buena calidad, porque pueden tener menor espesor y alcanzarán, por consiguiente, temperaturas ménos elevadas que los gruesos. Por estas razones se emplea en los Estados-Unidos casi exclusivamente el hierro para los hogares.

Con objeto de poder reducir los espesores y tener cajas de fuego ménos alterables por el calor, se ha ensayado la plancha de acero fundido; pero las experiencias practicadas, contradictorias en su mayor parte, han dejado sin resolver la cuestion; sin embargo, atendiendo á que el acero ensayado no poseia la ductibilidad necesaria, es de esperar que desarrollando convenientemente esta cualidad se obtenga el resultado apetecido.

Los hogares se construyen generalmente con tres hojas: la mayor forma el techo y las paredes laterales; la anterior es la placa tubular y la posterior contiene la portezuela de *carga* del combustible (figura 1, lámina 5). Las caras trasversales quedan embutidas en el techo y paredes, cosiéndose con roblones de cobre.

El espesor de la chapa varía entre 8 y 12 milímetros, aumentándose hasta un doble en la parte de placa tubular que sostiene los tubos, para su mejor asiento y colocacion.

El intérvalo *l* (lámina 3; lámina 5, figuras 2 y 12), que media entre el hogar y caja exterior de fuego, se cierra por la parte inferior con el marco *m*, de hierro, de forma rectangular, al cual se cosen las paredes con dos filas de roblones al tresbolillo. La figura 5 de la lámina 5, representa la perspectiva de uno de estos marcos: en los ángulos, que están redondeados, hay unas orejas *M*, de menor espesor, cuyo objeto es hacer mejor el cosido en estos puntos colocando otra fila de roblones. La figura 7, dá los detalles.

Las caras del cajon de fuego interior no podrian resistir las enormes presiones del vapor por sí solas, á no dárseles excesivo espesor, con perjuicio de la economía y fácil pro-

pagacion del calor: con los espesores ordinarios es preciso aumentar su resistencia, haciéndolas solidarias de la caja exterior de fuego por medio de los virotillos *j* (láminas 3 y 5, figuras 2 y 12), atornillados y roblonados.

Los virotillos tienen comunmente de $0^m,022$ á $0^m,023$ de diámetro, espaciándolos $0^m,1$ próximamente. En cuanto á su longitud, depende de la separacion de las paredes que une y que suele no exceder de $0^m,06$.

Pueden ser de hierro ó cobre, prefiriéndose este último por várias razones. En primer lugar, el cobre es ménos oxidable que el hierro; de manera que, puestos en contacto ámbos metales, en presencia del agua y á una elevada temperatura, forman un verdadero par voltáico en que el hierro hace las veces de elemento negativo, oxidándose y preservando al cobre: las cabezas de los virotillos se desgastan rápidamente y se presentan numerosos escapes de agua y vapor. Conviene evitar, en cuanto sea posible, la asociacion de estos metales en contacto del agua.

Otra circunstancia referente á la construccion hace preferible el empleo del cobre. Hemos dicho que los virotillos tienen en sus extremos, ó por lo ménos en el correspondiente al hogar, una parte roscada que se atornilla en las paredes, remachándose despues los extremos como un roblon ordinario; cuya disposicion tiene por objeto aumentar la resistencia del conjunto, pues si las cabezas correspondientes al hogar se queman ó deterioran, los filetes de la rosca resisten todavía. Ahora bien: la colocacion de los virotillos y el remache de sus cabezas tienen que hacerse en frio, pues de lo contrario, aumentando con la dilatacion su diámetro, no podrian entrar á rosca en los orificios correspondientes; y el remache en frio se hace mejor en el cobre, por su mayor ductilidad, miéntras que en el hierro, aunque sea dulce, se forman grietas y escarabajos.

Los ejes de los orificios de entrada de los virotillos,

deben estar en direccion normal á las superficies que unen.

41. Dimensiones.—Las dimensiones del hogar han ido aumentando en cada tipo nuevo de locomotora, por la necesidad de aumentar la produccion de vapor (número **217**): ésta creciente progresion de dimensiones no se ha obtenido, sin embargo, sin dificultad.

El aumento en altura es limitado por la de la caldera sobre la vía; aparte de que la radiacion, siendo inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco, disminuiria por lo que respecta al cielo del hogar.

La dimension trasversal está subordinada á la separacion de los largueros del bastidor. En cuanto á la longitudinal, se presentan algunas dificultades que vamos á exponer: el eje trasero (lámina 3), va colocado delante del cajon de fuego; así es que el aumento en longitud sólo puede hacerse por la parte posterior, pero entónces resulta volado sobre dicho eje un peso excesivo que puede comprometer la estabilidad de la máquina; y si para evitar este riesgo se coloca un nuevo eje detrás del hogar, la distancia entre los puntos de apoyo extremos sobre carriles aumenta y con ella la rigidez de la locomotora para el paso por curvas.

Uno de los medios empleados para resolver el problema, consiste en situar el eje trasero debajo del fogon, disminuyendo al efecto su altura en toda su longitud, ó sólo en una parte, como indica la figura 1 de la lámina 5.

El hogar Belpaire (lámina 19, figura 6) obedece á este pensamiento: la altura es muy reducida, pero en cambio la longitud llega á exceder de 2 metros en algunos casos. La portezuela viene á quedar á la altura de la parrilla, circunstancia que facilita su vigilancia y limpieza. Hogares de este tipo poseen las locomotoras de mercancías de la línea férrea de Alar del Rey á Santander. (Láminas 31 y 32.)

42. Forma.—Las formas que afecta el hogar en las loco-

motoras son muy variables, pero tratando siempre de satisfacer la condicion de un máximo de superficie, sin aumentar desmesuradamente la longitud, por las dificultades de construccion que en tal caso se crean.

La placa tubular y su opuesta son siempre planas; verticales unas veces (lámina 3), divergiendo otras (lámina 24) hácia la parrilla: esta última disposicion es muy empleada por los constructores ingleses, en la idea de que el agua se vaporiza mucho mejor cuando baña una superficie inclinada con relacion á la rejilla.

Las paredes trasversales pueden ser planas, verticales (lámina 5, figura 12), ó curvas (figura 2), ensanchándose hácia la parte superior para aumentar la superficie total. En cuanto al techo, muy raras veces es cilíndrico, porque disminuye la superficie de calefaccion: generalmente es plano en su totalidad, ó cuando más presenta alguna curvatura en su union con las paredes.

43. Armaduras.—El cielo del hogar, sujeto á la misma presion interior del vapor que sufren las paredes, necesita reforzarse, como éstas, si ha de resistir convenientemente conservando el espesor limitado que se le ha asignado ántes.

Para conseguirlo, se emplean las armaduras *o* (lámina 3), que refieren la presion á las paredes laterales por la disposicion siguiente. Cada armadura se compone de dos planchas de hierro paralelas u_1 u_2, entre las cuales se colocan unos pernos z_1 cuya cabeza inferior p' está atornillada en el cielo del hogar y remachada por la parte interior, miéntras que su otro extremo descansa, por el intermedio de tuercas, en las citadas planchas: claro está que las tuercas sirven para graduar la sujecion del techo á las armaduras.

El perfil longitudinal de las armaduras presenta la forma de sólido de igual resistencia y no se halla en contacto por su cara inferior con la superficie del cielo del hogar, para permitir la libre circulacion del agua por todo él: sin embar-

go; en los puntos x', correspondientes á los pernos de suspension, desciende la armadura para evitar las deformaciones que podrian resultar de una presion excesiva de las tuercas, y tambien para que cuando éstas estén bien templadas, se eviten los escapes de vapor por las cabezas inferiores de aquellos.

La separacion de las dos planchas de hierro que componen cada armadura, se mantiene con pequeños roblones trasversales x'; pero hay otra clase de armaduras compuestas de una sola plancha de hierro, más gruesa que cualquiera de las dos anteriores, con rehenchimientos cilíndricos para el alojamiento de los pernos de suspension.

Tambien se colocan trasversalmente las armaduras *A* (figura 2, lámina 5); y en algunas máquinas, como indica el dibujo, se prolongan para venir á descansar sobre consolas *D*, fijas á la caja exterior de fuegos, que recibe de este modo todos los esfuerzos.

Tanto las armaduras longitudinales (figura 12), como las trasversales (figura 2), suelen ir suspendidas, para mayor seguridad, del techo de la caja exterior de fuegos, por medio de piezas *B*, aseguradas á hierros en escuadra *C*, cosidos á la caldera.

Unas veces (figura 12), cada varilla *B* suspende dos armaduras contiguas; en otros casos (figura 2), una sola. No siempre van suspendidas todas las armaduras, sino que suele suceder que sólo lo estén las del centro.

La separacion de las armaduras depende de la presion interior; suele ser de $0^m,1$.

Al recibir las primeras calorías desarrolladas en el hogar, el cobre se dilata, y las armaduras *A* (figura 2) se elevan con el techo de éste, separándose de las consolas *D*; pero despues predomina la presion interior, y las armaduras descienden hasta apoyarse nuevamente en las consolas: los movimientos de las armaduras exigen, por lo tanto, que se ar-

ticulen las varillas *B* de suspension, si se quiere evitar que se trasmitan á la envolvente exterior.

Las paredes del cajon de fuego experimentan tambien dilataciones análogas; y para permitirlas, se disponen los ángulos como se vé en *a* (figuras 16 y 17).

Igual libertad para las dilataciones debe dejarse en las uniones de las paredes con el techo, procurando, al efecto, que los puntos de union extremos de las armaduras con el cielo del hogar estén algo separados de aquellas.

La armaduras tienen el inconveniente de complicar la construccion y entorpecer la limpieza del techo del fogon: para evitar este segundo defecto, se han aplicado en algunas máquinas americanas las armaduras como indica la figura 14: asi se deja libre paso tambien á los tirantes *a* empleados en la consolidacion de la caldera.

En otros sistemas, se suprimen completamente las armaduras y se sustituyen con varillas *A'* (figura 2), de hierro, que se atornillan y remachan en las dos paredes que unen, como los virotillos, ó bien llevan tuercas en la extremidad inferior (figura 2), ó en ambas (figuras 13 y 15), para evitar el remache en frio. Las varillas no dan tanta rigidez como las armaduras, pero son preferidas á estas últimas por su ligereza y sencillez.

44. Hogares de hojas onduladas.—Ultimamente se han ensayado las hojas onduladas para la construccion de los hogares, como más resistentes á la presion interior: y en efecto, la rigidez de las planchas es mayor, atribuyéndoseles además otra propiedad importantisima, la menor adherencia de los depósitos, sin duda por las alteraciones de forma que las variaciones de temperatura engendran y determinan la fractura de las peliculas adherentes.

El número de virotillos que exige un hogar de hojas onduladas, es mitad proximamente del necesario para superficies planas. La figura 15 muestra un hogar de Mr. Krauss,

en que las ondulaciones tienen lugar en dos direcciones perpendiculares, de modo que las superficies vienen á quedar divididas en pequeños cuadrados que alternativamente presentan partes salientes y entrantes, en cuyos ángulos se afirman los virotillos.

45. Rejilla.—La rejilla se compone de barrotes *r* (lámina 3), apoyados en barras de hierro.

La forma de los barrotes depende en gran parte de la naturaleza del metal empleado en su fabricacion. Cuando son de hierro forjado, su seccion longitudinal tiene una figura aproximada á la de sólidos de igual resistencia. (*A* y *B*, figura 3 de la lámina 5.) Si son laminados, presentan la forma rectangular *C* y *D*: suelen hacerse tambien de fundicion (figura 3'), en cuyo caso se moldean por grupos de tres ó cuatro y son de pequeña longitud.

La seccion trasversal de los barrotes es trapecial, *A*, *B* y *D*, ó rectangular en la parte superior y trapecial en la inferior (figura *C*, figura 3). En ámbos casos, el objeto que se quiere alcanzar al disminuir el espesor en su cara inferior, es el facilitar la caida de los trozos de combustible que se introducen en los claros é impiden el paso al aire.

El espesor ordinario de los barrotes, dá poca superficie de asiento en los extremos; y para conseguir la estabilidad deseada, se remachan como indican las figuras *P* y *P'* (figura 3), de manera que, apoyándose mútuamente por sus extremidades y conservando la separacion conveniente en la parte central, queda el todo sujeto, aunque cada barrote está simplemente descansando sobre la barra-apoyo sin ninguna otra sujecion.

La parte de asiento de cada barrote es de longitud menor que el grueso de la barra de apoyo, dejando así un pequeño huelgo para las dilataciones; y con objeto de evitar se dificulten éstas por las cenizas, escorias ó combustible que puedan alojarse en aquél, terminan los extremos de los barrotes,

figura *C*, en bisel, que facilita la separacion de los obstáculos.

46. Dimensiones.—Las dimensiones de la seccion trasversal dependen de la naturaleza del combustible que se ha de quemar: si el combustible es menudo, ó áun siendo grueso si se divide al arder, para evitar que se tamice por la rejilla y caiga á la vía, la separacion de los barrotes ha de ser pequeña y el espesor reducido para dar entrada á la cantidad de aire suficiente: en caso contrario, puede aumentarse el grueso de los barrotes.

La altura ha de ser suficiente, y tanto mayor cuanto más delgados sean, con objeto de evitar el que se tuerzan, grietéen y oxiden por efecto de la elevada temperatura á que se hallan sometidos: suele dárseles hasta $0^m,15$ de altura, para que la parte inferior, en contacto siempre con el aire fresco que contínuamente se renueva, pueda evitar la elevacion excesiva de temperatura en todo él. En los barrotes ordinarios, la altura es de $0^m,05$ á $0^m,1$.

La longitud depende de las dimensiones trasversales, como sucede á todo sólido apoyado en sus extremos y cargado uniformemente, cuando la distancia de los apoyos puede variar. Si la seccion trasversal lo permite, los barrotes son tan largos como el hogar; pero si no es así, se establecen uno ó más apoyos intermedios y resulta formado cada barrote por la continuacion de dos, tres, etc., parciales, unidos al tope (figura 1), ó alternando los asientos *P'* (figura 3 de la lámina 5).

Cuando los barrotes son delgados, se interponen en toda su longitud pequeños tacos de metal, que mantienen la separacion constante, impidiendo el alabeo: así puede verse en *a* (figura 6), que representa parte de la rejilla sistema Belpaire, para quemar menudos de hulla, muy en uso en muchas locomotoras, entre otras en las del sistema *Vaessen*, que recorren la línea de Alar del Rey á Santander (lá-

minas 31 y 32). El espesor de los barrotes es de 5 milímetros y distan entre sí esta misma cantidad; la figura 6 dá las demás dimensiones.

En la rejilla Raymondiére, los barrotes están formados con planchas de palastro de un milímetro de espesor, puestas de canto, y 2 metros de longitud. La separacion se obtiene por medio de siete pequeños tornillos de cabeza de gota de sebo, situados en las caras verticales de la mitad de los barrotes.

47. Colocacion de la rejilla.—Los barrotes se disponen en sentido de la longitud de la máquina, pues que así se facilita su limpieza con la barra picafuegos, que penetra por la portezuela del hogar para quitar las escorias y trozos de carbon introducidos en los claros.

Las barras de hierro *R* (lámina 3) en que se apoyan los barrotes de la rejilla, van unidas al marco inferior del hogar; y en algunas máquinas (figura 2, lámina 5), se apoyan sobre consolas *R'*, quedando así un huelgo á lo largo de las paredes del cajon de fuego, para el paso del aire.

La superficie superior de la rejilla siempre va por encima de la correspondiente del marco del hogar: esta separacion *a b*, que nunca se hace menor de 40 milímetros, tiene por objeto el que las incrustaciones puedan depositarse en *b*, sin peligro de que el metal de la pared *a b*, en contacto inmediato con el fuego, no esté bañado por el agua.

En los hogares ordinarios, la rejilla se encuentra bastante por debajo de la portezuela del hogar (láminas 3 y 24). En el del sistema Belpaire (figura 6, lámina 19), se halla al nivel de la parte inferior de ésta y de la plataforma, lo cual simplifica su limpieza, más difícil en esta clase de rejillas por las pequeñas separaciones de los barrotes, que se obstruyen con las escorias, cenizas y trozos pequeños de combustible. Igual colocacion hay que dar forzosamente en todos los demás casos en que se sitúa el eje trasero debajo del hogar (figura 1, lámina 5).

El plano superior de la rejilla es horizontal generalmente en los hogares profundos; inclinada ligeramente de atrás á adelante en los elevados (figuras 2 y 5, lámina 19). A veces la inclinacion no es uniforme, como sucede en los hogares de las máquinas Vaessen (figura 1, lámina 5), si no que aumentà (partes *F*, *F'*) al separarse de la portezuela. Esta complicacion de formas es obligada por la colocacion del eje trasero, cuando se quiere ganar en superficie de calefaccion hácia la parte anterior del hogar.

Suele verse tambien rejillas inclinadas en los hogares bajos, pero no es tan frecuente: una de las ventajas de la inclinacion, entre otras que se explicarán al tratar en detalle de la combustion, consiste en las facilidades que se obtienen en la vigilancia del fuego. Las rejillas inclinadas convienen especialmente para los hogares de gran longitud, en los cuales sería difícil guarnecer de combustible la parte anterior, arrojándolo con la pala desde la portezuela de carga; en virtud de la inclinacion, el combustible que se arroja junto á la portezuela desciende por su peso á la parte anterior, ó es fácilmente trasladado á ella por medio de una barra ó pala de mango largo.

Conviene advertir, sin embargo, que á pesar de las ventajas señaladas, la inclinacion de la rejilla no se admite voluntariamente en la mayor parte de los casos, sino que resulta impuesta por la colocacion de un eje debajo del hogar.

48. Rejilla de báscula.—Es muy conveniente que una parte de la rejilla, si no toda, sea móvil, para que por su medio sea posible arrojar el fuego en caso de accidente, como el de entorpecimiento de los aparatos de inyeccion de agua en la caldera, por ejemplo, ú otro cualquiera. La rejilla móvil facilita tambien sobremanera el arreglo del fuego, pues permite arrojar las escorias formadas, muy abundantes en algunos carbones, con mayor facilidad y prontitud que cuando se sacan por la portezuela del hogar con la pala.

Puede hacerse móvil toda la rejilla, la mitad anterior (figura 4, lámina 5), ó una pequeña parte (figura 1). En este último caso, la parte móvil *M* tiene los barrotes en direccion trasversal al hogar (lámina 4, figura 11).

Los mecanismos para hacer bascular la rejilla son variados, pero sencillos todos. La figura 4, lámina 5, indica el empleado en algunas máquinas de la línea del Mediodía. *F* es la parte fija, y *M* la móvil, comprendida en un cuadro rectangular que gira alrededor del eje *O*; el contrapeso *C*, fijo al eje, mantiene cerrada la rejilla; la palanca *V*, maniobrada por la varilla *V'* que sube hasta la plataforma del maquinista, hace bascular la parte *M* á voluntad.

Otro sistema está de manifiesto en la figura 6, lámina 19. La rejilla móvil *M* se maniobra con la manivela *B*, que ejerce su accion con la varilla *C*, por el intermedio del codo *A'*, giratorio en *D*, y la varilla *A*.

En el mecanismo representado por la figura 11, lámina 4, la barra con rosca *A* mueve el codo *a*, y éste, por el intermedio de las varillas *V*, la rejilla móvil *M*. *C* es el contrapeso.

49. Tubos.—El objeto de los tubos es aumentar la superficie de contacto del agua con los metales caldeados por la combustion verificada en el hogar, para que la produccion de vapor sea mayor.

50. Dimensiones.—Número.—La longitud de los tubos varía mucho de una máquina á otra, dependiendo, como es natural, de la longitud de la caldera. Los límites más comunes son 3 y 5 metros, correspondiendo el segundo á las gruesas máquinas de mercancías.

El diámetro oscila entre 4 y 6 centímetros, y sólo en algunos casos excepcionales rebasa el límite inferior.

El espesor es generalmente uniforme, de 3 á 4 milímetros: sin embargo, en algunas líneas, como sucede en la del Norte de España, se dá á los tubos mayor espesor en la parte

que ha de ir próxima al hogar, por ser más rápido el desgaste en estos puntos, como se indicará despues.

En la citada línea, el espesor en la caja de humo es de $0^m,0025$ y $0^m,003$ en el hogar.

La separacion de los ejes de los tubos debe ser suficiente para evitar que los intérvalos, en el interior de la caldera, se obstruyan con las incrustaciones y que por las deformaciones que sufren lleguen á tocarse, pues el rozamiento que entónces se produce los desgasta rápidamente. Se ha querido evitar este último inconveniente colocando placas tubulares intermedias; pero no pudiéndose emplear casquillos en ellas, las trepidaciones originan choques, por las holguras, y los tubos se cortan.

La separacion de los ejes depende tambien del diámetro de los tubos: cuando éste es de $0^m,05$, la separacion no debe ser inferior á $0^m,065$, cuya cifra dá $0^m,015$ de intérvalo.

El número de tubos es muy considerable: un tipo muy general es el de 200: algunas calderas grandes tienen más de 400, pero son excepciones.

51. Metal.—Colocacion.—La tubería es una de las partes de la locomotora más expuestas á la destruccion: los productos gaseosos que bañan su superficie interior le proporcionan una temperatura, que, si no tan elevada como la que adquieren las paredes del hogar, no deja de ser bastante considerable; y los metales, perdiendo en dureza y tenacidad, se desgastan rápidamente con el enérgico rozamiento de las partículas sólidas arrastradas con gran velocidad por la corriente gaseosa y presentan menor resistencia á la presion del vapor. Por otra parte, las incrustaciones que se depositan en la superficie exterior de los tubos, interior de la caldera, ejercen las perniciosas influencias ya señaladas al hablar del hogar.

Puede añadirse á las causas de deterioro precedentes otra no ménos importante. Por efecto de las diferencias de tem-

peratura porque el metal de los tubos pasa desde que empieza á encenderse el fogon hasta que se alcanza la presion máxima de trabajo en la caldera, sufren éstos dilataciones y contracciones poderosas que determinan torsiones y flexiones, al par que se fatigan las placas tubulares en donde se hallan empotrados por sus extremos, resultando disminuida la tenacidad del metal y por consecuencia su resistencia á las presiones interiores.

Puede deducirse fácilmente de lo expuesto, que el metal de la tubería debe reunir las condiciones de tenacidad y dureza grandes, ser poco dilatable por el calor y no permitir la adherencia de las incrustaciones.

El cobre es demasiado ductil: se emplea comunmente el laton, que tiene más dureza, y algunas veces el hierro y el acero.

Los tubos de hierro se corroen muy rápidamente por el interior, á no emplearse carbones muy puros, exentos de piritas: los depósitos se adhieren mejor al hierro que al laton; en cambio es ménos dilatable que éste.

Se ha ensayado tambien el acero Bessemer, pero faltan datos de experiencia para pronunciar un fallo decisivo sobre sus cualidades.

El metal más comunmente empleado en la tubería es el laton: generalmente encierra un 32 por 100 de zinc. El hierro es de uso muy frecuente para este objeto en América: en España se ha ensayado en la línea del Norte; y áun cuando hasta el presente ha dado buenos resultados y se espera obtener mayor economía y duracion que con el laton, no se puede aún asegurar de un modo absoluto la realidad de estas ventajas, hasta que las locomotoras hayan hecho el recorrido kilométrico necesario para la comparacion.

Los tubos se colocan en filas al tresbolillo, formando calles horizontales (lámina 5, figuras 2 y 12), ó verticales (lámina 25): este último sistema es preferible, y generalmente

empleado en la actualidad, por las mayores facilidades que proporciona, tanto á la ascension de las burbujas de vapor, como á la limpieza interior de la caldera, por medio de rasquetas introducidas por entre los claros.

La colocacion de los tubos requiere mucho esmero para evitar las fugas de vapor por las uniones con las placas tubulares.

Para facilitar la colocacion de los tubos son indispensables dos precauciones: por la primera, se disminuye su espesor en la extremidad que ha de empotrarse en la placa tubular de la caja de fuegos, de manera que en una pequeña longitud aparezcan de forma tronco-cónica al exterior; consiste la segunda en hacer los orificios de la placa tubular de la caja de humo de un diámetro mayor en 2 á 3 milímetros que sus correspondientes de la otra. De esta manera, los tubos se introducen por la placa anterior y se encajan perfectamente en los orificios de la posterior por su parte cónica.

Para el buen éxito de la operacion es conveniente colocar primero algunos tubos espaciados, en el perímetro y centro, pasando despues á la colocacion de todos los restantes. La parte de tubo que rebasa las paredes exteriores de las placas tubulares, se rebate sobre éstas formándose un reborde circular, como se vé en *a* (figura 8, lámina 5), cuyo objeto es establecer una union más íntima entre ámbos para impedir los escapes de vapor.

La misma mision desempeñan los casquillos *b*, pequeños cilindros de hierro ó acero de forma tronco-cónica al exterior, que hacen el oficio de cuñas, obligando al tubo á unirse fuertemente con la placa tubular. Los casquillos se introducen á martillo por el intermedio de la maceta *A* (figura 19, lámina 4): siempre quedan rebasando la placa tubular, para poder introducirlos más cuando se manifiestan holguras en las uniones.

El empleo de los casquillos reporta algunas ventajas: la

parte de tubo empotrada en el espesor de la placa tubular, no estando en inmediato contacto con el agua de la caldera, se destruiria muy pronto, especialmente el extremo que corresponde al hogar, por efecto de la elevada temperatura que en éste se desarrolla, si no fuese por el casquillo que le cubre y preserva. Cierto es que la accion protectora se verifica á sus expensas; pero siempre es más económico y sencillo renovar un casquillo que un tubo. Además: la temperatura que el casquillo almacena lo dilata y hace que oprima más fuertemente al tubo, estableciendo así una union más perfecta é impermeable; así, se ve en muchos casos, que manifestándose escapes de vapor y agua al poco tiempo de encender el fogon, desaparecen cuando, al crecer gradualmente la temperatura, se eleva la presion.

Al lado de estas ventajas conviene consignar algunos inconvenientes: los casquillos al dilatarse fatigan la placa tubular; y á pesar de su pequeño espesor (2 milímetros), reducen la seccion de entrada de los tubos y obstruyen la salida de los productos gaseosos á la caja de humo. Este último defecto se evita, en algunas máquinas, suprimiendo los casquillos correspondientes (figura 8, lámina 5); supresion tanto más justificada, cuanto que en este punto reina menor temperatura que en el hogar y las uniones padecen ménos.

Algunos constructores suprimen los casquillos en ámbos extremos; y para conseguir una union más perfecta en la placa tubular posterior, sueldan á la extremidad del tubo *B*, otro *A* de cobre (figura 13, lámina 4), de 13 á 15 milímetros de longitud, que tiene más espesor: la mayor ductilidad del cobre sobre el laton, permite remachar los bordes en frio, sin formacion de grietas; el exceso de espesor reconoce por causa la menor resistencia del cobre á los rozamientos, nacida de su mayor ductilidad.

Mr. Krauss emplea la disposicion de la figura 14: los tubos se engargantan en la placa tubular posterior *P*, y se

ensanchan en la anterior *A*. El exceso de diámetro de *A* sobre *P*, facilita la colocacion y extraccion de los tubos. Muchas máquinas inglesas presentan formas análogas en la tubería (figura 15). Cuando los tubos son de hierro llevan indispensablemente apéndices de cobre en los extremos, para rebatirlos sobre las placas.

Conviene hacer observar que la perfeccion del empotramiento de los tubos en las placas tubulares, á que se aspira, tiene por objeto exclusivo establecer buenas uniones que impidan todo escape de agua y vapor y de ningun modo la consolidacion de las placas, considerando á los tubos como tirantes: lejos de esto, la tubería sólo tiende á fatigarlas, flexándolas por los empujes que resultan del exceso de sus dilataciones sobre las que experimenta el cuerpo cilíndrico, que es de hierro. Así es, que el tubo ideal sería aquel que pudiendo dilatarse libremente, se uniese siempre por completo á las placas tubulares: y bajo este punto de vista, los sistemas de las figuras 14 y 15 son muy convenientes, porque las partes curvas *m* absorben parte de las dilataciones.

52. Duracion de los tubos.—Renovacion y limpieza.— La vida de una locomotora, ó de cualquiera de sus partes, se mide por los kilómetros recorridos en servicio. La duracion de los tubos de laton se estima ordinariamente en 200.000 kilómetros de recorrido, cuando se emplean aguas puras, pues como ya se ha manifestado anteriormente las incrustaciones son un motivo de destruccion. Los tubos de una misma caldera deben encontrarse aproximadamente en el mismo estado de uso; para cuyo efecto en muchas líneas se organiza este detalle, dividiéndolos en tres categorías, segun el peso por metro de longitud, que indica el espesor medio.

A intérvalos, cuya duracion no puede decirse, porque depende, entre otras causas, de la naturaleza del agua, elemento muy variable, hay necesidad de renovar los tubos, sus-

tituyéndolos con otros nuevos ó, por lo ménos, limpios de incrustaciones. Los tubos que se desmontan no se excluyen definitivamente del servicio, sino que despues de quitar las incrustaciones pasan á continuarlo á otras máquinas, entrando en una nueva categoría, segun el peso por metro de longitud.

La vida total de un tubo comprende, pues, un cierto número de limpiezas y el paso por las categorías ántes enunciadas.

La razon de que un tubo, despues de limpiado, no se siga utilizando en la misma caldera de donde provino, consiste en el procedimiento que hay necesidad de seguir para desmontarlos.

Se cortan los rebordes que los tubos forman sobre la placa tubular, se extraen los casquillos, rajándolos antes si es preciso, y despues se procede á la extraccion del tubo por el orificio de la caja de humo, que es el mayor de los dos: muchas veces es difícil hacerlo, á pesar del mayor diámetro del orificio de salida, por el considerable espesor que alcanzó la capa de incrustaciones, y en este caso se introduce en el tubo (figura 23, lámina 6) la barra tronco-cónica *A*, que termina en gárfio y se hace solidaria con aquél por el anillo *B*, compuesto de dos mitades. Ejerciendo una enérgica traccion sobre la barra por medio del gárfio, la parte tronco-cónica se atora en el anillo, éste oprime al tubo y la potencia se emplea en la extraccion.

Cuando este medio es insuficiente, se cortan los rebordes extremos como anteriormente, se empuja el tubo hácia el hogar hasta que rebase unos centímetros de la placa tubular, se corta la parte saliente, y empujando despues en sentido contrario cae el tubo al interior de la caldera, de donde se extrae por el agujero de hombre. Hay que objetar á este procedimiento la dificultad de extraccion del tubo, del interior de la caldera, cuando pertenece á las hiladas inferiores:

convendrá, pues, solamente, cuando haya necesidad de renovar una buena parte de la tubería. Cualquiera que sea el método seguido, la longitud del tubo queda disminuida, pero puede aprovecharse en calderas de menor longitud. De aquí la conveniencia de que en todas las máquinas sean de igual magnitud los diámetros de los orificios de las placas tubulares.

Para obviar las dificultades de la extraccion y conseguir que ésta se verifique sin mutilacion de los tubos, Mr. Barré ideó el sistema siguiente.

Los tubos *b* (lámina 4, figura 16) están unidos á las placas por los casquillos *C*, *C'*, de fundicion, provistos de rebordes, que ejercen en aquellos una fuerte presion. Del lado del hogar *F*, el diámetro de los orificios es exactamente igual al exterior de los tubos, pero en la placa tubular de la caja de humo *H*, es superior en 4 á 12 milímetros, y la holgura está ocupada por un anillo *a* de cobre, que abraza al tubo y tiene una pequeña canal ó garganta *d*, que se rellena de trenza de cáñamo para la mejor impermeabilidad de la union.

Para desmontar los tubos, se introduce por el lado de la caja de humo el botador *B* (figura 17), provisto de la hendidura *a*, merced á la cual puede introducirse en el tubo á pesar del casquillo, aproximando las dos mitades, y ocupa todo el espacio interior despues de haberlo rebasado: con este botador se saca el casquillo *C'* (figura 16). Introducido despues el mismo útil por el lado *F*, se quita el casquillo *C*. Finalmente: con el botador *B'* (figura 18), aplicado en el espesor del tubo por la parte *F* (figura 16), se le hace correr hácia la caja de humo *H*, arrastrando consigo el anillo *a*, segun la disposicion de éste, que en la figura se indica: una vez desprendido el anillo, el tubo, aunque tenga incrustaciones, sale fácilmente por el mismo orificio *H*, por el exceso de diámetro que éste tiene.

Este sistema ha sido aplicado á várias calderas tubulares de locomotoras, locomóviles y máquinas de navegacion, pero ignoramos el resultado de la práctica.

53. Agujeros de limpieza.—Para efectuar la limpieza de los fondos de la caldera, la placa tubular de la caja de humo lleva en la parte inferior uno ó más orificios, de un diámetro próximamente igual á los de la tubería, cerrados por cualquiera de los dos medios indicados en la figura 20. Es preferible situar los orificios de limpieza en la caja de humo; porque en el hogar, la gran temperatura que reina destruiria los tapones.

54. Caldera.—Se designa con este nombre la capacidad que contiene el agua que ha de vaporizarse y el vapor formado. Consta de dos partes principales: caja exterior de fuego y cuerpo cilíndrico.

55. Caja exterior de fuego.—Recibe este nombre porque rodea, en efecto, al cajon de fuego interior, quedando así entre ámbos el intérvalo que ha de llenarse de agua por conveniencias de la vaporizacion y conservacion del hogar (número **40**). Lateralmente, la caja exterior de fuego es paralela al cajon interior; pero por la parte superior se separa de este último, y afecta generalmente la forma cilíndrica (figura 12, lámina 5). Hay, sin embargo, algunos tipos en que el techo es tambien plano y paralelo al del hogar (figura 2), y otros en que la parte cilíndrica está achaflanada (figura 13). Esta modificacion de las formas generales, obedece á la idea de la mejor consolidacion del cielo del hogar.

56. Agujeros de limpieza.—Se encuentran en los ángulos inferiores y se mantienen cerrados con las planchuelas *s* (figura 11), que con la interposicion de una capa de estopa y mínio, y merced á las tuercas señaladas en la figura, impiden toda salida al agua y vapor. Los pernos están fijos en la chapa de hierro que forma la caja exterior de fue-

go y atraviesan los extremos de las planchuelas ántes de recibir las tuercas.

Cuando la caldera está vacía, se levantan las planchuelas, y la limpieza de los fondos puede hacerse introduciendo rascadores por los orificios para romper las incrustaciones acumuladas en estos sitios.

57. Llaves de limpieza y desagüe.—Hay dos; una en cada lado de la caja exterior, por la parte inferior. Están marcadas con la letra *s'* en la figura 11 y *s* en la 12. Sirven para dar salida al agua fangosa del fondo, ó para vaciar la caldera cuando se hubiere llenado demasiado; y una de las dos (figura 12), está provista de un mango *r*, que llega al nivel de la plataforma, para que el maquinista pueda maniobrarla en marcha.

58. Portezuela del hogar.—Sirve para la vigilancia del fuego. Es de forma oval ó rectangular, unas veces de una sola hoja y otras de dos. Está compuesta de dos chapas paralelas (lámina 3), separadas por virotillos análogos á los del hogar: de esta manera, la capa de aire que entre ambas circula impide el enrojecimiento de la exterior, y destruccion consiguiente.

La parte inferior de la portezuela está generalmente, en los hogares profundos, á $0^{m},1$ por encima de la plataforma; pero en los hogares de pequeña altura (lámina 5, figura 1), se encuentra al nivel de aquella y de la rejilla, para la mejor vigilancia de ésta.

La portezuela tiene su picaporte correspondiente atado á una cadeneta (figura 1, lámina 4), para maniobrarlo. (Véase tambien figura 5, lámina 28.)

59. Cuerpo cilíndrico.—Lo constituye el resto de la caldera que contiene la tubería, y afecta la forma que su nombre indica.

Se construye por trozos cilíndricos formados con una plancha de palastro, cuyas dos aristas extremas se solapan

cosiéndolas en sentido de una generatriz, ó se unen al tope fortificando la union con una brida. Este segundo medio exige mayor número de roblones para el cosido, y las chapas se debilitan; por esta razon, es preferible el primero. Una vez formados los trozos ó anillos cilíndricos, se construye todo el cuerpo enchufándolos y cosiéndolos con una ó dos filas de roblones, procurando que las costuras longitudinales de los anillos no resulten en una sola línea (figura 9, lámina 5), segun una generatriz; porque siendo los puntos más débiles de la caldera, conviene espaciarlos en toda la superficie.

De dos modos distintos puede hacerse el enchufe de los anillos; haciendo que cada uno solape ó sea solapado por los dos colaterales (lámina 3), ó por el procedimiento llamado de telescopio, enchufando cada uno en el que le sigue. La union del cuerpo cilíndrico con la caja de fuego exterior, puede efectuarse tambien de dos distintas maneras. Una de ellas, segun manifiesta la figura 10, lámina 5, consiste en abrir en la pared trasversal anterior *A* de la caja de fuego una abertura circular, rebatiendo al exterior una pequeña parte de las paredes para formar el reborde *a*, que ha de servir de apoyo al extremo del cuerpo cilíndrico. En otras máquinas, el reborde *a* se forma con un hierro en escuadra cosido á la caja de fuego. Cuando el hierro es de buena calidad, la formacion del reborde *a* con material de la caja de fuego puede hacerse sin gran dificultad, y es preferible este procedimiento al uso de la escuadra, cuyo cosido á la pared *A* la debilita. Pero si el hierro es ágrio, los rebordes *a* resultan débiles, llenos de grietas y hendiduras, y es más conveniente adoptar entónces el segundo procedimiento.

La altura *a b* (figura 10), es en algunas máquinas algo considerable, con objeto de aumentar la capacidad reservada al vapor; pero generalmente, y con especialidad en las máquinas nuevamente construidas, dicha magnitud es muy

pequeña y puede decirse que la generatriz superior del cuerpo cilíndrico es continuacion de la correspondiente á la caja de fuego.

El diámetro de la parte cilíndrica es unas veces igual á la anchura de la caja exterior de fuego (figura 12), en cuyo caso las paredes laterales de esta última son verticales, y en otras (figura 2) es mayor, circunstancia que obliga á ensanchar la caja de fuego por la parte superior, puesto que la anchura de la inferior está limitada por la separacion de los bastidores ó de las ruedas.

60. Camisa.—La necesidad de evitar pérdidas de calor en la caldera por el contacto con el aire ambiente, y la no ménos importante de que su acceso no se haga molesto al maquinista y fogonero, ha hecho revestirla de una materia de poca conductibilidad calorífica: empleados en los primeros tiempos el fieltro ó madera como materias aisladoras, han sido desechadas despues por la facilidad de su combustion; y en la actualidad se envuelve toda la caldera con una chapa de palastro *t* (lámina 3), y *c* (lámina 5, figura 2), llamada *camisa*, separada algunos centímetros de aquella, estableciendo una capa de aire poco permeable al calor interior.

Las chapas que forman la camisa, en la parte que corresponde al cuerpo cilíndrico, se colocan de igual modo que las de éste: la separacion de ambas se obtiene con hierros en escuadra que contornean las líneas circulares de enchufe de los trozos cilíndricos; sobre estos hierros vienen á apoyarse las chapas de la camisa, tapando las puntas con los flejes 34 (láminas 2 y 23), llamados *cintillos*.

61. Embarrados.—La pared plana posterior de la caja exterior de fuego, por encima del cielo del hogar, y la parte de placa tubular de la caja de humo superior á la tubería, son indudablemente las partes más débiles de la caldera que conviene reforzar, si se les ha de poner en igualdad de con-

diciones que el resto. Las disposiciones primitivas, aún en uso en algunas máquinas, empleadas para la consolidacion de las paredes ántes mencionadas, consistian en tirantes de hierro que las unian, situados paralelamente á los tubos y asegurados en sus extremos con tuercas para templar su rigidez. (Véase lámina 5, *D* figura 12, y *a* figura 14.) Pero como quiera que los embarrados de tirantes obstruyen el interior de la caldera, con grave perjuicio de la facilidad de limpieza, hay una marcada tendencia á desecharlos, empleándose en cambio otros medios que tienden á hacer desempeñar al mismo cuerpo cilíndrico el papel de tirantes, dando al propio tiempo á las paredes planas la rigidez necesaria. En el fondo, las nuevas disposiciones adoptadas son las mismas: las partes planas se fortifican con hierros en T, en U ó escuadra, cosidos á ellas como puede verse en *T''* (lámina 25), *R* (figura 11, lámina 12). En otras máquinas, el problema se resuelve con cantoneras en forma de escuadra cosidas á las paredes planas y á las laterales, ó con gruesos tirantes inclinados, pero de pequeña longitud, que se anclan en el cuerpo cilíndrico.

62. Dimensiones.—Las dimensiones de la caja exterior de fuego dependen de las del hogar y del espacio que hay que reservar al vapor, contando con que el cielo de aquél ha de encontrarse siempre guarnecido de agua en altura de $0^m,10$ cuando ménos.

63. Longitud y diámetro.—La longitud de la parte cilíndrica es igual á la de los tubos; y en cuanto al diámetro, son muy variadas las circunstancias que influyen en su magnitud; la importancia que revisten, justifica el que nos detengamos breves momentos en indicarlas.

El agua que contiene la caldera ha de llenar los huecos que dejan los tubos y el espacio que separa la caja exterior de fuego del hogar y la tubería, en una altura de 1 á 2 decímetros, reservando para cámara de vapor la capacidad su-

perior restante. Dedúcese de aquí la necesidad de que el diámetro de la caldera no baje de un cierto límite, que la teoría modificada por la práctica ha de asignar, pues de lo contrario se seguiria:

1.° La necesidad de una alimentacion muy frecuente de agua, que disminuiria la temperatura de la que existe en la caldera y con ella la presion del vapor, en cuyo momento la máquina es incapaz de desarrollar toda la potencia de que es capaz.

Cuando la presion se eleva, una nueva alimentacion la hace descender; y la rápida sucesion de estos incidentes introduce la consiguiente perturbacion en la marcha de la locomotora. Los resultados no serían ménos desfavorables si en vez de la alimentacion periódica se emplea la contínua, pues á causa del pequeño volúmen de agua que la caldera contiene, el chorro constante que se inyecta sería un obstáculo para la elevacion de temperatura y presion.

2.° Las exíguas dimensiones de la cámara de vapor son causa de irregularidades inadmisibles en la vaporizacion.

Cuando el regulador se abre, el gasto de vapor que se origina hace bajar notable y bruscamente la presion en la caldera, de donde nace una ebullicion tumultuosa que volverá á llenar rápidamente de vapor la capacidad depósito, creando choques enérgicos sobre las paredes del generador. Continuando el consumo de vapor, se producirán nuevas ebulliciones y choques; y la sucesion de estos hechos fatiga la caldera y puede ocasionar su explosion. Además, la ebullicion tumultuosa proyecta numerosas gotas de agua, que son arrastradas por el vapor al abrir el regulador; el empleo del vapor *húmedo*, que así se llama, trae consigo muchos inconvenientes; gasto inútil de agua y del combustible quemado para calentarla, aumento de rozamiento en el tránsito del vapor por los tubos que lo conducen al cilindro, y pér-

dida consiguiente de presion: una vez en los cilindros, el vapor disminuye de tension en el período del *escape*, y el agua arrastrada, necesitando menor temperatura para vaporizarse, lo efectúa, robando á las paredes el calor preciso, y resulta un aumento de contrapresion; además, el enfriamiento de los cilindros origina la condensacion de parte del vapor nuevamente admitido; de todo lo cual se deriva una disminucion notable de potencia dinámica en la unidad de volúmen de vapor á igualdad de presion.

Hasta en la limpieza ejerce influencia el vapor húmedo: porque las partículas de agua no vaporizada en el cilindro, al salir por la chimenea, caen en forma de lluvia sobre la máquina y carruajes, ensuciándolos con el carbon que arrastra. Se dice entónces que la máquina *escupe*.

En resúmen, las calderas pequeñas producen perturbaciones en la marcha y atacan á la economía y potencia de la locomotora, exigiendo tambien una constante vigilancia del fuego para que la presion no baje repentinamente, circunstancia que, de coincidir con el acceso á una rampa fuerte ó curva cuyo paso necesite desarrollar mayor potencia, traeria consigo la detencion del tren.

Se admite que el volúmen de una caldera ha de ser de 18 á 20 veces el del agua evaporada por hora, correspondiendo de esta parte los $\frac{2}{3}$ próximamente á la capacidad del líquido. No se crea que con estas dimensiones se evita por completo el arrastre del agua; pero al ménos se disminuye la cantidad.

64. Causas que limitan el diámetro.—De las consideraciones precedentes se deriva la conveniencia de dar gran dimension al diámetro de las calderas; pero limitan esta magnitud:

1.° El peso excesivo que resultaria á la locomotora.

2.° La limitada anchura del bastidor, entre cuyos largueros va comprendida la parte inferior de la caldera; á no ser

que se eleve muy por encima de ellos, comprometiéndose la estabilidad de la máquina.

3.° El rádio de las ruedas. A igualdad de separacion de los largueros del bastidor, es decir, de anchura de vía, el diámetro de la caldera puede ser tanto menor cuanto mayor sea el rádio de las ruedas; porque si son grandes, la caldera ha de alojarse entre ellas con la suficiente holgura para que no haya choques en las oscilaciones trasversales impresas por las ballestas de suspension.

En las máquinas de viajeros, de ruedas grandes, el diámetro no excede generalmente de 1m.30; en las de mercancías, que tienen ruedas más pequeñas, llega á 1m,50 y hasta 1m.60, por la menor altura del centro de gravedad.

65. Espesor.—Depende el espesor de la presion máxima que ha de alcanzar el vapor.

La fórmula empleada más comunmente es

$$e = 1{,}8\ n - 1\ d + 3.$$

Siendo n número de atmósferas que mide la presion máxima, d diámetro interior en metros, y e espesor en milímetros.

Conocidos el espesor y diámetro de una caldera es fácil saber por la anterior fórmula la presion máxima á que puede funcionar, despejando n: $n = \frac{e - 3}{1.8 \cdot d} - 1.$

Los espesores que arroja la fórmula son superiores á los que exigiria la resistencia; pero la continuidad de esfuerzos, por el empleo constante de las calderas, y las alteraciones que sufre el metal, obligan, por precaucion, á exagerarlos.

Todas las calderas están *timbradas* por delegados del gobierno; es decir, que tienen una chapa de laton con el número máximo de atmósferas á que pueden funcionar, y que sirve de norma para graduar los resortes de las válvulas de

seguridad. Esta intervencion es necesaria para precaver los accidentes que de otro modo ocurririan por el abuso en las elevaciones de presion.

66. Metal.—Se empleó exclusivamente el hierro hasta hace poco. Empieza á generalizarse el uso de la plancha de acero, que por su mayor resistencia permite emplear espesores menores.

67. Cúpula.—Objeto.—Dos objetos principales llena la cúpula; hacer que el vapor trabaje en los cilindros como corresponde al buen aprovechamiento de su fuerza motriz, y servirle de depósito para utilizarlo en los momentos oportunos.

En el número **63** se ha tratado ya de las consecuencias embarazosas de una pequeña cámara de vapor: irregularidades en la vaporizacion, que producen vapor muy húmedo, y dificultades para la marcha de la locomotora, que resultan de la dependencia tan inmediata que hay entre la vaporizacion y la combustion; porque gastándose aquél á medida que se va formando, si la actividad de la combustion decáe, la caldera se encontrará sin vapor; y aún en el caso de ejercer una escrupulosa vigilancia en el hogar, si funcionando la máquina á una determinada expansion, tiene de repente que aumentar su trabajo y obrar á plena admision, no hay vapor disponible para ello. Claramente se vé, pues, la necesidad de un depósito; en las máquinas Crampton se utiliza la misma caldera, aumentando su diámetro: en general se adopta la cúpula como depósito, situándola por encima de la caldera.

68. Forma y dimensiones.—La cúpula es un cilindro coronado por un hemisfério unas veces, por un segmento esférico otras, ó por un techo plano con ángulos redondeados, en el caso, muy general, de que las válvulas de seguridad están colocadas en este sitio. (Véase lámina 3.)

Para impedir el enfriamiento y condensacion del vapor,

está provista la cúpula de una camisa como la de la locomotora; en la parte superior suele llevar molduras de laton. Cuando la cúpula no lleva válvulas, la camisa la envuelve por completo, y suele terminarse en casquete esférico *A*, aunque el techo de aquella sea plano (figura 14, lámina 6).

El diámetro de la cúpula ha ido aumentando cada vez, llegando á ser hasta de $0^m,90$; generalmente se separa poco de $0^m,60$. La altura es muy variable, de $0^m,60$ á $1^m,20$.

69. Situacion.—El tubo de toma de vapor desemboca en la parte superior de la cúpula, buscando el lugar más elevado sobre la superficie del líquido, y en donde el vapor es más seco. Esta circunstancia se tiene en cuenta al situar la cúpula. Si se coloca por encima de la caja exterior de fuego, como la ebullicion es más pronunciada que en cualquier otro punto de la caldera, el vapor será más húmedo; la aspiracion producida por el tubo de toma de vapor al abrir el regulador se hace más sensible, y sumando su efecto al de la ebullicion, el agua experimenta en este lugar una tumefaccion notable que eleva su nivel, haciendo dar señales falsas al tubo indicador: pudiendo suceder muy bien, si el maquinista se descuida, que al cerrar el regulador baje repentinamente el nivel de agua y quede al descubierto el cielo del hogar.

En la parte anterior de la máquina los efectos indicados no se producen con igual intensidad; pero como los tubos de alimentacion de agua desembocan en estos sitios, hay un descenso local de presion.

Generalmente las cúpulas van situadas en medio de la caldera; y en algunas máquinas, en la parte anterior.

70. Caja de humo.—La caja de humo es una capacidad en donde se reunen los gases procedentes del hogar al salir de los tubos, para ser aspirados por la corriente de vapor que emite el tubo de escape, y despedidos á la atmósfera.

El vapor de escape efectúa un vacío relativo en la caja

de humo, arrastrando ó empujando al aire que contiene: éste vacío parcial origina una inyeccion de aire exterior que sólo puede penetrar por la rejilla atravesando el combustible, proporcionándole el oxígeno que necesita. Este modo de emision de los gases y admision de aire exterior constituye lo que se llama *tiro artificial*, para distinguirle del *natural* que producen las chimeneas por la diferencia de temperatura de los gases que la ocupan y del aire exterior. La temperatura que en el interior de la caja de humo reina es la de los gases, mucho menor que la del hogar: la presion que sobre sus paredes obra, tiene por límite superior la de la atmósfera, que es el caso correspondiente á un vacío interior perfecto. Ni la temperatura ni la presion, aunque ésta última ejerce su accion del exterior al interior, son, pues, comparables con las que corresponden al generador; así es que no hay necesidad de dar espesores tan considerables á las paredes.

La caja de humo (láminas 3 y 24), está formada por un grande anillo ó trozo cilíndrico, análogo á los de la caldera; pero la seccion no es circular, sino la de un trapecio de base rectilínea horizontal y de lados curvilíneos: el techo y partes laterales próximas, son prolongacion del cuerpo cilíndrico, de modo que en conjunto viene á presentar la forma de la caja exterior de fuego, si bien tiene menor altura que ésta.

Por el objeto que la caja de humo desempeña no debiera tener más orificios que los de la tubería que conduce los gases, y la chimenea que los emite; pero la construccion, entretenimiento y limpieza del generador, hacen necesaria la colocacion de una puerta en la pared anterior, paralela á la placa tubular. Por ella se sacan las cenizas y pequeños trozos de escoria y combustible que arrastrados por la corriente gaseosa se amontonan en el fondo de la caja y obstruyen la desembocadura de los tubos, y permite tambien la colocacion, extraccion y limpieza interior de toda la tubería.

La puerta es de forma rectangular, sustituyendo en muchos tipos el lado rectilíneo inferior por otro circular, concéntrico á la caldera (figura 2, lámina 4). Es de dos hojas y se cierra con una falleba *R*, maniobrada por el mango *S* de una excéntrica que se mueve dentro de una abertura longitudinal de aquella. La falleba tiene una garra en su extremo superior, que engrana en un gancho fijo á la plancha de la caja de hierro (número 40, lámina 3).

Conviene que la puerta cierre herméticamente, porque de lo contrario dá entrada al aire exterior; el tiro se disminuye y los fragmentos de combustible que escaparon del hogar pueden arder, con grave detrimento de las paredes de la caja. Es, pues, de todo punto necesario, que la puerta no se deforme por el calor del interior; y para conseguirlo, se pone pared doble separada con virotillos, como se hizo en la portezuela del hogar (láminas 3 y 24). En la figura 2 de la lámina 4, *b* representa la plancha interior, y *a* las cabezas de los virotillos; las varillas de quicio *m* giran dentro de los anillos *n*, sujetándose por la parte inferior con las tuercas *h*. (Véase tambien figura 8, lámina 28.)

En algunas máquinas, con objeto de evitar en lo posible la abertura de la puerta para la limpieza, lleva el fondo de la caja de humo un registro para dar salida á las cenizas, que puede maniobrarse desde la plataforma por medio de una varilla. Sólo podrá adoptarse esta disposicion cuando no haya obstáculos en la parte inferior de la caja, como verémos sucede en las máquinas de cilindros y distribucion interiores.

Suele tambien haber á la izquierda de la caja de humo, en la parte superior, un registro *A*, para dar entrada al aire exterior cuando es preciso moderar el tiro. (Lámina 2.)

La caja de humos puede tener una envolvente ó camisa semejante á la de la caldera y cúpula.

71. Piezas que contiene la caja de humo.—En muchos

tipos de máquinas, el tubo de toma de vapor desemboca en la caja de humo, por encima de la hilada superior de tubos (láminas 3 y 24); las dos ramas *B'* en que se bifurca (figura 2, lámina 4), van contorneando las paredes para dejar desembarazada la tubería. En todos los casos, del fondo de la caja se levanta el tubo de escape *C''*. Algunas locomotoras inglesas llevan por delante de la tubería una especie de persiana, que se utiliza para moderar el tiro: finalmente, por la parte superior de los tubos, se coloca la rejilla *F'''* (lámina 3), para detener los trozos pequeños de combustible, que de otro modo escaparian por la chimenea. (Véase figura 1, lámina 29.)

La chimenea está cosida á la caja de humos: las trepidaciones y la accion del viento fatigan sobremanera la union, defecto de construccion que se puede salvar haciéndola descender por dentro (figura 10, lámina 4), para sujetarla á una plancha *A* asegurada á las paredes.

72. Chimenea.—Dimensiones.—En los hogares fijos, la chimenea tiene por mision, no solamente conducir á la atmósfera los productos gaseosos de la combustion, sino tambien proporcionar el oxígeno que ésta exige: y bajo este último punto de vista, la altura es un elemento importantísimo, pues que con ella aumenta el desequilibrio entre el aire exterior é interior, productor del tiro.

En las locomotoras, la altura de chimeneas tiene que subordinarse á la de los túneles y puentes cubiertos, y está comprendida generalmente entre $1^m,60$ á $2^m,50$: los límites entre los cuales puede variar, ejercen una muy insignificante accion en la energía del tiro, que en todos casos resultaria muy débil si no fuera aumentado poderosamente por el artificial que cria el tubo de escape; así es, que no se le dá la importancia que en los hogares fijos tienen. Sin embargo, algunos constructores no desprecian la influencia de los pequeños aumentos de altura de chimenea en el tiro, y la

prolongan por la parte inferior (figura 10, lámina 4); pero puede decirse que el objeto verdaderamente conseguido con esta disposicion, es la de una mejor consolidacion del tubo.

La seccion debe guardar relacion con la cantidad de gases que han de pasar en la unidad de tiempo: se la hace proporcional al área de los claros de la rejilla del hogar.

73. Forma.—Las chimeneas pueden considerarse divididas en *base, cuerpo* y *coronamiento;* los tres elementos presentan formas muy variables.

La base B_1 (lámina 3; lámina 4, figura 2, y lámina 24), se une á la caja de humos con pernos de tuercas exteriores, y va aumentando gradualmente de seccion hácia la parte inferior, para facilitar la entrada de los gases en la chimenea; entrada algo obstruida por el extremo del tubo de escape.

El cuerpo Z es generalmente cilíndrico, otras veces de forma tronco-cónica, natural ó invertida (figura 6, lámina 6). El coronamiento C_1 (láminas 3; 4, figuras 2, etc.), no existe en algunas chimeneas (figura 10, lámina 4); en otras es un bonete postizo (figuras 3 y 4), que forma á veces una canal circular (figura 5), para recoger el agua que escupe la máquina. Para facilitar la salida de los gases, el coronamiento suele llevar una pantalla vertical móvil, que se orienta por sí misma, colocándose siempre de frente en la parte anterior en sentido de la marcha: al chocar con el aire, crea detrás, es decir, en la desembocadura de la chimenea, un vacío relativo, favorable á la evacuacion de los productos gaseosos. Este mismo objeto se ha tratado de conseguir en parte, dejando la extremidad del cuerpo cilíndrico á menor altura que la superior del coronamiento (figura 6).

Cualquiera que sea el remate, puede cubrirse con una chapa de palastro ó capuchon G' (láminas 23 y 24; lámina 4, figuras 3 y 4), que se mueve por el intermedio de la varilla X.

Las chimeneas descritas están aplicadas á locomotoras

en cuyos hogares se quema carbon mineral; pero en Rusia, Alemania y Norte América, se emplea muy comunmente la leña como combustible, y en este caso es preciso evitar la proyeccion abundante de chispas, que pueden ocasionar incendios en las proximidades de la vía. Esto se consigue con la chimenea sistema Klein, que está representada por las figuras 7 y 8; consta de dos cuerpos: el interior *A*, cilíndrico, y el envolvente *B*, tronco-cónico, más elevado; por encima del *A* se colocan unas paletas helizoidales *C*, que reciben los fragmentos inflamados y los desvian arrojándolos al espacio anular *D*, sin que por esto embaracen demasiado la salida de los gases. Un registro *E*, colocado en el cuerpo exterior, sirve para la limpieza del espacio *D*.

Con idéntico objeto se usan las chimeneas *A* (figura 9). El cuerpo cilíndrico está coronado de un desviador cónico *B*, y una tela metálica *C* cubre la envolvente para mayor precaucion.

En las calderas cuya arista superior está muy elevada sobre el plano de los carriles, la chimenea va acostada, pues de ser vertical tendria muy poca longitud y no conduciria bien el chorro de vapor.

Así sucede en la máquina Petiet (figuras 1 y 2, lámina 20). El aumento de longitud y los recodos, no parecen haber disminuido el tiro.

74. Cenicero.—En todo hornillo hay debajo de la rejilla del hogar un espacio llamado *cenicero*, que cumple dos objetos principales: contener las cenizas y brasas que se desprenden de la rejilla y dar paso al aire que ha de cruzar por ésta para alimentar la combustion, graduando la cantidad por medio de un registro.

Las locomotoras necesitan tambien un cenicero: su objeto no es contener las cenizas, pues como la máquina es móvil habria por el contrario ventaja en que se desprendiesen

sobre el balasto de la vía; pero en cambio es de la mayor importancia evitar la caida de los trozos de brasa, porque arrastrados por la corriente de aire que se produce en la marcha, pueden incendiar los wagones del tren por la parte inferior, ó bien, si se dirigen á las ruedas y se introducen entre los rayos, son despedidas por la fuerza centrífuga á grandes distancias de la vía, con peligro de incendio en los campos próximos.

75. Ceniceros cerrados.—Los ceniceros cerrados son unos cajones de palastro *C* (figura 11, lámina 4), con fondo y sin tapa, colocados inmediatamente debajo de la rejilla, para cuyo efecto sus paredes se cosen á las de la caja exterior de fuego. Afectan formas muy variables, siendo las más comunes, la *H*, de paralelepípedo recto-rectángulo; la *S*, con la cara anterior *a* inclinada y el fondo horizontal; la *U* y la *N N'*, de fondo inclinado hácia adelante. Si debajo del hogar se instaló algun eje, el fondo del cenicero se levanta para envolverlo y cubrirlo. (*R R'*, figura 6, lámina 19, y *N*, figura 1, lámina 5.)

En la cara anterior se sitúa el registro *R* (figura 11, lámina 4), que, por intermedio de la varilla *V'* y codo *b b'*, se maniobra con la barra *A'*, provista de dientes *a* que engranan en una abertura de la plataforma. En los casos de la figura 6, lámina 19, á cada lado del eje va un registro *R* y *R'*. Suele haber tambien registros en la cara posterior, para el caso frecuente de que la máquina marche con el tender en cabeza, y algunos ceniceros pueden girar además las paredes laterales. Para penetrar en el hogar sin desmontar el cenicero, el fondo lleva un agujero de hombre, cerrado con una plancha.

Los ceniceros cerrados regulan con sus registros la entrada del aire, interceptando en absoluto la corriente cuando así convenga; pero esta circunstancia, de ventajosa aplicacion si se emplean carbones buenos, es de insignificante

importancia para los comunmente quemados en los hogares, que necesitan gran cantidad de aire, obligando á mantener constantemente abiertas las portezuelas de admision. En cambio destruyen rápidamente los barrotes de la rejilla, sin duda porque el calor radiante es recogido y reflejado sobre aquellos por el fondo, y hacen inútil la parte giratoria ó de báscula.

76. Ceniceros abiertos.—Por estas razones se prefiere el uso de los ceniceros abiertos, formados solamente con una chapa de palastro que rodea el hogar, lateral y posteriormente (láminas 3 y 24). La principal mision de los ceniceros, la de aparato de seguridad contra incendios, queda cumplida en los abiertos: conducen la brasa desprendida hasta el balasto, la recogen de nuevo si rebota, para depositarla más léjos sobre la misma vía.

Solamente hay un caso en que los ceniceros deban ser forzosamente cerrados; y es cuando el eje trasero va por debajo del hogar, para resguardarlo del calor ó impedir se enrojezca. (Véase *N*, figuras 1 y 2, lámina 5.)

77. Apoyos de la caldera.—Puentecillos.—La caldera se asegura definitivamente al bastidor por la caja de humo, y en la parte restante se le proporcionan apoyos que le permiten dilatarse libremente.

El cuerpo cilíndrico se apoya sobre el bastidor de várias maneras: una de ellas es la representada en la figura 5, lámina 7. Las dos ramas *m'* y *n'* de la pieza *S* están cosidas á la caldera, y la *A* se apoya en el bastidos *H* por el talon *a'*: los orificios para el paso de los pernos *z* de sujecion, están ovalizados para permitir al deslizamiento de *S* sobre *H*. Más general es aún la disposicion de la figura 12, lámina 5: la plancha de palastro *P*, llamada *puentecillo*, tiene en su contorno superior y lateral un hierro de doble T ó simple escuadra *a*, cosido al bastidor *K*; sobre la rama de la T descansa el cuerpo cilíndrico de la caldera, por el intermedio

de una plancha de palastro que le está unida y cuyo objeto es fortalecer la superficie de rozamiento. Igual disposicion representa la lámina 25, en las figuras 1 y 2.

El número de apoyos del cuerpo cilíndrico depende de la longitud de éste: puede haber uno solo, dos ó tres.

La caja de fuego (figura 2, lámina 5), lleva unas garras de hierro *h*, que descansan sobre la escuadra *s* asegurada al bastidor: otras veces es éste el que está provisto de aquellas piezas, y la caja de fuego descansa por el mismo marco del hogar en los que son elevados, ó por un apéndice cosido á sus paredes en los profundos.

Las disposiciones descritas suponen que los largueros del bastidor van inmediatos á la caldera; pero en el caso de que las ruedas se interpongan, los apoyos tienen que extenderse por encima de ellas hasta encontrar al bastidor, en lo que respecta al cuerpo cilíndrico; y en cuanto al hogar, hay que salvar la distancia con piezas más voluminosas. En la figura 12, lámina 5, se indica este caso: las escuadras *m* y *n*, aseguradas á la caja exterior de fuego, abrazan á la doble escuadra *h* fijada al bastidor *K*.

Cuando el bastidor tiene dos largueros por cada lado, comprendiendo á las ruedas, los apoyos ó puentecillos descansan sobre ámbos (figura 10, lámina 11).

78. Accesorios de la caldera. — Tubo indicador del nivel de agua.—Su objeto es, como el nombre indica, dar á conocer el nivel del agua en la caldera; y sus indicaciones sirven al maquinista para alimentar cuando se hace necesario, sin que por un momento quede desguarnecido de líquido el cielo del hogar, para evitar las desagradables consecuencias ya enumeradas en otro lugar.

Es, sencillamente, un tubo vertical doblemente acodado yen comunicacion con la caldera por sus dos extremos: el inferior con la cámara de agua y el superior con la del vapor. Va colocado en la pared posterior de la caja de fuego,

por encima de la portezuela, como se vé en *A* (figura 1 de la lámina 4).

Los codos del indicador son metálicos, de bronce, y el tubo vertical, de cristal fuerte y sano, bien recocido y de suficiente espesor para resistir la presion interior. Los tubos *t* y *a* metálicos (figura 12, lámina 4), terminan por uno de sus extremos en las planchuelas de sujecion *b b'* y por el otro en los cilindros *d* y *s*, provistos de orificios *a'* y *t'* para la limpieza, cerrados con tapones de rosca. Tiene *d* un taladro *d'*, para el paso del tubo de cristal *f*, que se ensancha en *b''* para formar una pequeña caja de estopas que impide los escapes de vapor, permitiendo al propio tiempo las dilataciones del cristal: el prensa-estopas *e* entra á rosca en la caja *b''*. El cilindro *s* está organizado de igual modo para recibir el extremo inferior del tubo, y tiene el collar *h* con la espiga *g* para colocar un farol por la noche: la llave *r* fija la posicion del collar; el *d* lleva por tapa un tubo acodado *z c'*, que entra á rosca, provisto de la llave *w*; y las *c* y *u* de los codos interrumpen á voluntad la comunicacion con la caldera. Finalmente; el tubo *y*, que desemboca por debajo de la plataforma, y su llave *v*, sirven para evacuar el indicador y señalar la obstruccion de los codos *a* y *t*.

La fractura del tubo de cristal es peligrosa por la proyeccion de los trozos, agua y vapor: para evitarlo se ha propuesto envolverlo con otro de la misma materia que lo preserve cuando ménos de la frialdad exterior, causa frecuente de fractura, ó de tela metálica que detenga los fragmentos; pero las envolventes dificultan la observacion del nivel en el tubo principal, por lo cual no se emplean generalmente.

79. Grifos verificadores.—Para suplir al tubo indicador en caso de desperfecto, lleva la máquina tres grifos escalonados *C* (figura 1, lámina 4), que al abrirlos darán paso al vapor ó agua, acusando el nivel de éste en la caldera. El

grifo inferior se coloca á la misma altura del cielo del hogar; el medio debe dar salida, en condiciones regulares, á mezcla de agua y vapor.

Para evitar la obstruccion de los grifos por las incrustaciones, es conveniente que su seccion trasversal tenga bastante diámetro: han de colocarse algo separados del tubo indicador, para que no ejerzan influencia sobre éste en caso de comparacion; y oblicuamente, con objeto de que la salida del chorro no alcance al maquinista, ni choque con piezas importantes que pudiera estropear.

80. Tubos calentadores.—Toman vapor de la caldera (*E*, figura 1, lámina 4), y lo conducen al tender para calentar el agua, desembocando al efecto en los tubos de alimentacion. Las figuras 16 y 17, lámina 6, detallan su union con la caldera: *A* y *B* son las llaves de maniobra. En algunas máquinas están colocados lateralmente á la caja exterior de fuego, uno por cada lado, arrancando de la parte superior.

81. Tubo de inversion.—Para el empleo del contravapor como freno, hay un tubo que sale de la parte posterior de la caldera, continúa á lo largo del cuerpo cilíndrico, y al llegar debajo de la caja de humo se bifurca en dos, que van á parar á los conductos de escape de los cilindros, para inyectar allí el agua y vapor tomados. El tubo de inversion se maniobra con una llave ó pequeño volante provisto de una aguja indicadora, que al girar sobre un cuadrante fijo, regula las cantidades de vapor y agua inyectadas por unidad de tiempo.

Más adelante se explicará el importante papel que desempeña el tubo de inversion.

82. Tapon fusible.—En el techo del hogar se coloca un tornillo *r* (figura 3, lámina 6), que tiene un taladro cónico *s* lleno de plomo ó de aleacion Darcet: su objeto es evitar se queme el cielo del hogar cuando por descuido del maqui-

nista queda sin cubrir de agua. Cuando esto se verifica, el tapon *s* se funde, el agua y vapor salen por el orificio abierto y apagan el fuego.

Hay necesidad de renovarlos con frecuencia, porque su punto de fusion se retarda, á causa tal vez de la accion del calor á que se hallan sometidos constantemente, áun cuando su extremo superior esté bañado por el agua.

83. Silbato.—El silbato sirve para dar aviso de la presencia del tren, á la entrada de las curvas, puentes, túneles y todos aquellos puntos de la vía poco despejados, y para la inteligencia del maquinista con los guarda-frenos.

Se produce el silbido por el choque de un chorro de vapor, tomado de la caldera, con los bordes de un vaso de bronce. La figura 4, lámina 6, dá una perspectiva del aparato; el vapor sale por los bordes de *b* y choca con los de *c*: la varilla *a*, maniobrada con la *t*, destapa el orificio de salida, venciendo la resistencia del muelle en espiral *n*.

84. Manómetros.—Es de la mayor importancia el que el maquinista tenga conocimiento de la tension del vapor en la caldera: sólo de este modo podrá deducir el trabajo que su máquina efectúa, y el que está en disposicion de desarrollar en adelante. Las indicaciones de la tension del vapor, son dadas por el aparato llamado *manómetro*. Hay variedad de manómetros, pero los más en uso actualmente en las locomotoras son los metálicos, y entre éstos, con preferencia, el de Bourdon.

Consta (figura 1, lámina 6) de un tubo en hélice *n*, de seccion elíptica, cerrado por uno de sus extremos *r*, y en comunicacion por el otro *s* con el vapor de la caldera, que al introducirse en él le desarrolla tendiendo á rectificarlo; siendo esta tendencia tanto mayor, cuanto mayor es la tension interior. El extremo *r* se articula, por medio de la pequeña palanca *r r'*, con la aguja *h*, que tiene su punto de giro en *z*: los movimientos del tubo hacen mover la aguja, que marca

sobre un cuadrante dividido en atmósferas, mitades y cuartos de atmósfera (figura 2), la tension del vapor.

El manómetro va colocado en la cara posterior de la caja de fuego exterior. La toma de vapor se hace con el tubo acodado *d*, de bronce, unido á la caldera con la planchuela *b* y pernos *a*: la llave *c* interrumpe la comunicacion á voluntad, como, entre otros casos, es necesario cuando el tubo *g* de conduccion se rompe. Dicho tubo se termina en el platillo circular *s*, unido con pernos á otro análogo *t* que sirve de base á la caja *h'* del manómetro. Las orejas *o* aseguran la caja á la caldera. Para terminar dirémos, que *m* es un disco circular de cristal que lleva la tapa, é *i* un pequeño gárfio para la colocacion de un farol.

El manómetro de Bourdon, como todos los metálicos, está fundado en la elasticidad de los metales; sucede, pues, con frecuencia, que el tubo *n*, despues de haber experimentado grandes tensiones, no vuelve á tomar su antigua forma cuando la presion baja, por pérdida de elasticidad, y las indicaciones de la aguja son inexactas. Y como es de todo punto indispensable el conocimiento de la tension del vapor, hay necesidad de vigilar contínuamente estos aparatos, reparándolos cuantas veces lo exigiese su estado; y al efecto se comparan sus indicaciones con las de otro manómetro patron, que se coloca para estos casos en la parte superior *z* (figura 12, lámina 4), del tubo de nivel de agua, poniéndole en comunicacion inmediata con la caldera por medio de la llave *w*.

85. Manómetros de máxima.—Aunque las válvulas de seguridad son un medio de evitar que la presion interior de la caldera exceda del límite á que se timbró, los maquinistas tienen recursos para hacerla subir más allá de este límite. Los manómetros de máxima sirven para señalar la mayor tension alcanzada en servicio, y por sus indicaciones se multa á los maquinistas que contravienen las órdenes vigentes.

El manómetro de Bourdon puede hacerse de máxima con sólo poner otra aguja en prolongacion de la ya existente, que vaya engranando en unos pequeños dientes: al bajar la presion, la aguja adicional queda detenida en el último y marca la tension máxima.

86. Tubo de admision ó de toma de vapor.—Se conduce el vapor á los cilindros por un tubo de admision que se bifurca en dos, terminados en las cajas de distribucion. La variedad de las disposiciones adoptadas para la colocacion de estos últimos, nace de la situacion de las cajas de distribucion en el interior ó exterior de los largueros del bastidor.

87. Cajas de distribucion exteriores.—Primera disposicion (figuras 5 y 6, lámina 6). El tubo principal *A*, sale de la cúpula, se bifurca en *B* en los otros dos *C*, que van unidos á la caldera por la parte exterior, uno á cada lado, hasta encontrar la caja de distribucion *D*. Los tubos *C* están provistos de una envolvente ó camisa, que los resguarda del enfriamiento.

2.ª (Figuras 14, lámina 6, y 10, lámina 4.) El tubo *B*, principal, es de mayor longitud y termina en una caja *C*, de donde parten las ramas, como en el caso anterior.

3.ª (Láminas 24 y 25.) El tubo 1 atraviesa en 5 la placa tubular delantera, penetra en la caja de humos y se divide allí en los dos parciales 3, que contorneando la superficie cilíndrica salen por fin al exterior en la última parte de su longitud 12.

88. Cajas de distribucion interiores.—(Lámina 3 y figura 2 de la lámina 4). Las dos ramas *B'* están contenidas en la caja de humo, y no necesitan envolvente.

Siempre que sea posible, conviene llevar los tubos por el interior de la caja de humo, porque así se evitan los enfriamientos y condensaciones consiguientes del vapor.

89. Forma y dimensiones.—El tubo de admision, que está en el interior de la caldera, es de hierro fundido; su

boca de entrada se sitúa en la parte superior de la cúpula para tomar el vapor lo ménos húmedo que sea posible, y esta circunstancia obliga á recodarlo (láminas 3 y 24), para que continúe despues á lo largo de la caldera. Tanto el codo como la rama de prolongacion, cuando tiene mucha longitud, se componen de várias partes, unidas con bridas 6 (lámina 24), y el primero se sujeta á la cúpula con anclas 7, cuyos pernos de sujecion llevan las tuercas por la parte exterior, para poder desmontar esta última independientemente del tubo. El paso por la placa tubular de la caja de humo y la bifurcacion, que es inmediata, se obtienen con una pieza de fundicion *O'*, asegurada con las bridas 5; las ramas se unen á *O'* con las bridas 2. Cuando las ramas son exteriores (figura 10, lámina 4), bridas análogas establecen su union con la caja *C*. Con igual esmero y por medios idénticos se empalman los tubos con las cajas de distribucion 4 (figura 2, lámina 25).

Si el regulador está cerrado, el tubo de admision, en la parte interior de la caldera, sufre exteriormente la presion del vapor: su espesor se calculará teniendo en cuenta esta circunstancia. En cuanto á su diámetro, debe ser proporcionado al volúmen de los cilindros que ha de alimentar.

Las ramas son generalmente de cobre rojo, de espesor capaz de resistir la presion interior del vapor que por ellas circula, y su seccion tiene un diámetro mitad de la del tubo principal.

En las calderas sistema Crampton, desprovistas de cúpula (figura 4, lámina 33), el tubo de admision corre en toda su extension longitudinalmente á la caldera, suspendido del techo, terminando en una pequeña caja de vapor que contiene el regulador, y de la cual parten las ramas exteriores. El tubo de admision está cerrado por su extremo posterior, y tiene una ranura, segun su generatriz superior, por la cual se introduce el vapor para dirigirse al regulador. Esta

ranura va disminuyendo de anchura hácia la parte anterior de la máquina, para hacer que en cada punto sea la seccion de introduccion proporcional á la intensidad de la vaporizacion, y tiene por objeto depurar de agua al vapor admitido al pasar por la hendidura estrecha que se le presenta. La práctica ha demostrado la irrealizacion del propósito.

90. Ventilador.—Tiene por objeto sustituir al vapor de escape, en las paradas y bajadas de pendientes, cuando el regulador permanece cerrado, para activar la combustion: es, pues, un verdadero aparato fumívoro.

Es un pequeño tubo *m* (figura 13, lámina 6), de $0^m,02$ de diámetro, que toma vapor de la caldera en *S* y lo hace desembocar junto al tubo de escape: *B* son las bridas de union y *A* una llave que se mueve, con el auxilio de las pequeñas palancas *a*, *b* y *c*, haciendo girar á la varilla *V* que termina en la plataforma: la flecha *a'* indica la direccion necesaria para abrirlo, y la *b'* para cerrarlo. La lámina 2, $S\,S_1$, representa el conjunto.

Cuando la cúpula está próxima á la chimenea, el ventilador parte de la primera (*S*, figura 5, lámina 6, y lámina 23).

La desembocadura se encuentra unas veces por encima del tubo de escape (*D*, figura 5, lámina 6), otras en el mismo extremo de éste (*c*, figura 11), y por debajo.

En algunas máquinas francesas, el chorro único del ventilador ordinario se sustituye por otros más pequeños, segun manifiesta la figura 12. El tubo conductor *d* desemboca en una corona *b*, provista de varios agujeros *a*, situada en el extremo del tubo de escape por encima de las válvulas *c*.

91. Regulador.—Llámase así á un aparato que tiene el tubo de toma de vapor, por el cual se dá, interrumpe y regula el paso de éste á los cilindros.

92. Reguladores de corredera.—Generalmente, el regulador es una tapa corredera provista de lumbreras, y puede ocupar dos posiciones principales: á la entrada del

tubo de toma de vapor, ó en un punto de su longitud. Considerarémos separadamente cada una de ellas.

Primera posicion. La corredera es una placa *a* (figura 15), que tiene dos aberturas ó lumbreras rectangulares *c* y resbala por entre las guias *b* sobre una tableta *d* del extremo del tubo de admision *A*, provista de otras dos análogas *e*, separadas por partes llenas. Un pequeño muelle oprime el regulador contra la tableta. Cuando las aberturas de la corredera corresponden con los llenos de la tableta, queda interceptado el paso al vapor; pero al moverse aquella, van descubriéndose paulatinamente las lumbreras de ésta, y aumentando el área de la seccion de paso, cuyo límite corresponde á la coincidencia de ambas, que es la situacion indicada por la figura.

El área total de las lumbreras del regulador es un poco superior á la de la seccion trasversal del tubo de admision, para asegurar la entrada del vapor, de lleno, cuando fuere preciso; pero esta precaucion es innecesaria, porque rara vez se abren por completo en marcha.

Los mecanismos para la maniobra del regulador son bien sencillos: uno de ellos es el representado en la lámina 3: el codo *f* y la varilla *g*, que sale al exterior atravesando la cúpula por la caja de estopas *i*, ponen en movimiento la corredera, subiéndola y descubriendo las lumbreras, si la varilla camina en sentido de la flecha, y bajándola cuando se mueve en sentido contrario. Idéntica disposicion se observa en las láminas 23 y 24. La maniobra de la varilla *g*, se hace, en este caso, del modo indicado en la figura 4, lámina 6: al efecto se termina en la horquilla *D* articulada á la palanca *m*, cuyo punto de giro es *H*. La palanca *m* resbala sobre la pieza *A*, unida con pernos *F* á la caldera: los topes *B* y *C*, limitan su curso: la direccion señalada por la flecha 1 abre el regulador, y la que indica la 2, le cierra.

En otras máquinas, el regulador se mueve por rotaciones

de la varilla *g*, para lo cual la *n* (figura 15), se articula á la pequeña palanca *m*, que forma cuerpo con aquella: la varilla *g* está contenida en la caldera y sale al exterior por encima de la portezuela del hogar, terminándose en una manezuela *A*, figura 21. (Véase tambien *M N*, figura 1, lámina 19.)

Para que el regulador resbale con facilidad entre las guias y obedezca bien á la palanca de maniobra, se lubrifican las superficies de rozamiento por medio del engrasador ó aceitero *H* (figura 5, lámina 6), colocado al exterior sobre la cúpula, y cuyo tubo interior *H'*, viene á desembocar cerca de aquellas. A pesar de esta precaucion, la presion ejercida por el vapor sobre la corredera hace difíciles sus movimientos, y para evitarlo se emplea en las máquinas sistema Vaessen la disposicion representada por la figura 16 de la lámina 12: *l* y *l'* son las lumbreras del tubo de admision; *a*, la única del regulador, sobre la cual se aplica la corredera *A*, cuya parte llena *r* es muy pequeña relativamente á la hueca *n'* ; el pasador *m* fija ambas á la horquilla *K*. Al mover la palanca del regulador, desciende la horquilla y con ella, al principio, la corredera *A* tan sólo, quedando descubierta la lumbrera *a*, y dando entrada así á una pequeña cantidad de vapor, que puede ya obrar sobre la cara interior de la *B*, equilibrándola: continuando el movimiento descendente de *K*, el pasador *m* choca con *b c*, y se mueve entónces la placa *B*. El movimiento preliminar de la corredera *A* es fácil, porque la superficie *r* es muy reducida: el de la *B* exige pequeño esfuerzo, porque la presion exterior que sufria se ha equilibrado con la interior, originada al descubrir la lumbrera *a*.

Segunda posicion. El tubo de admision *B* (figura 10, lámina 4) desemboca en la caja *D*, que tiene dos lumbreras en comunicacion con las capacidades *a b*, de donde toman vapor los tubos conductores de los cilindros; el regulador *C* es horizontal y su varilla *g*, exterior.

La caldera Crampton, sin cúpula, presenta esta disposicion; con la diferencia de que hay una corredera para cada uno de los dos tubos conductores, maniobradas ambas con una sola varilla exterior.

93. Sistemas varios.—Aunque los reguladores de corredera son los más en uso en las máquinas locomotoras, suele encontrarse otros sistemas que conviene indicar.

1.° El de *Krauss* (figuras 11 y 12, lámina 12): el segmento cilíndrico *a*, contenido en la caja *b*, á la que concurren los tubos conductores *C*, forma regulador: la palanca *c* lo mueve.

2.° *Regulador de Allan* (figura 17): *a* es el tubo de admision, que se recoda y continúa en *A*; *D* es un cilindro válvula, que se mueve en sentido de su longitud por medio de la varilla *E* y palanca *F*, guiada por los arcos *G*, cuyo plano es divergente con respecto al *M N*. El movimiento de rotacion de la palanca *F*, origina el de traslacion de la válvula ó regulador *D*: la caja que lo envuelve, equilibra las presiones sobre la superficie exterior.

Los reguladores equilibrados, á cuyo grupo pertenece el de Allan, son muy convenientes para las calderas de alta presion, porque disminuyen los rozamientos, la maniobra es fácil, y es posible abrirlos ó cerrarlos por grados insensibles, como es necesario en la práctica. Estas condiciones, unidas á la general de sencillez, son las que sirven para apreciar la bondad de un regulador.

94. Válvulas de seguridad.—Hay dos en cada generador. Los orificios *h* (figura 20, lámina 6), son circulares, de $0^m,10$ á $0^m,13$ de diámetro; las tapaderas están mantenidas en sus sitios por el piton *o* de las palancas *b''*, que tienen su punto de giro en *d*, miéntras que su otro extremo está solicitado por un resorte en espiral fijo á la caldera: la pequeña barra horizontal *m* que corona á la *n*, sirve de tope á las palancas *b''*, cuando las válvulas se abren.

El muelle (figura 18), está contenido en el tubo fijo *A*, al

cual se une por su extremo inferior, y al *B*, que envuelve á *A*, por el superior: del tubo *B* parte la varilla roscada *C b*, que penetra por un agujero practicado en el extremo de la palanca; la tuerca *E* sirve para graduar la tension del muelle, conforme al número de atmósferas máximo á que se quiere hacer trabajar el vapor, para cuyo efecto el tubo *A* lleva en su superficie divisiones que quedan al descubierto cuando sube el *B*.

Así, pues, si la presion interior excede de este límite, las válvulas se abrirán, dejando libre paso al vapor, cerrándose cuando se restablezca el equilibrio. El aparato dá, por lo tanto, la seguridad de que no se ha de formar vapor, intencional ó incidentalmente, á presion mayor de la que marca el timbre de la caldera y la prudencia exige. Es, pues, un aparato de seguridad.

Para que satisfaga al objeto que su nombre indica, es necesario evitar que los maquinistas aprieten demasiado las tuercas *E*, y con este fin las varillas *b* llevan pequeños anillos ó topes por debajo de las palancas.

No basta esto, sin embargo, porque introduciendo cuñas en el espacio *s* que media entre las palancas y varilla *m*, se consigue el mismo resultado: por esto ideó Mr. Ramsbottom las válvulas representadas en las figuras 21 y 22. El muelle *c* se asegura por su extremo inferior á la caldera, y por el superior al pequeño cilindro *m* que le sirve de guia, y palanca *B* que oprime las válvulas *a* y *b*: si el maquinista aumenta la carga de una de ellas, por medio de la palanca, tiene forzosamente que descargar la otra.

Estas válvulas están muy en uso en las máquinas inglesas.

La reglilla *m* de la figura 20, detiene las palancas *b''* é impide sean arrojadas bruscamente en caso de fractura del muelle: igual mision desempeñan los apéndices *K* (lámina 3), próximos al platillo de coronamiento de la cúpula; pero am-

bas disposiciones tienen el inconveniente de que las válvulas descubran sólo una pequeña parte del orificio total, tal vez insuficiente para dar salida al exceso de vapor formado. Por otra parte, la tension del muelle va aumentando á medida que las palancas giran, descubriendo los orificios de escape, de modo que, aún suprimiendo los topes *m*, se dificulta el paso del vapor cuando es más necesario. Para salvar estos defectos basta elevar el tope, y proveer á la varilla roscada del muelle, de otras *M N*, que desarrollándose cuando se alcanza la presion máxima, proporcionan mayor abertura de las válvulas. (Figura 5, lámina 6.)

95. Colocacion de las válvulas.—Las válvulas se sitúan generalmente en la cúpula, y cuando no, en la cubeta del silbato, ó cualquiera otra caja de vapor que tenga la caldera.

96. Tubo de escape.—Sirve para dar salida al vapor de los cilindros, despues de haber obrado sobre los émbolos para producir el tiro enérgico que necesita el hogar.

Cuando los cilindros son interiores y tienen una caja de distribucion comun (figura 1, lámina 7, y lámina 3), el tubo de escape es único y se levanta verticalmente del fondo de la caja de humo, elevándose hasta la base de la chimenea, en la que se introduce algunos centímetros. Lo mismo sucede en algunos casos de cilindros exteriores (20, figura 2, lámina 25, y lámina 24).

Otras veces, bien sean los cilidros interiores (figura 6, lámina 7), ó exteriores (figuras 5, 6 y 14, lámina 6), el nacimiento *E* de los tubos sale al exterior, introdúcense despues en la caja de humo, y uniéndose con bridas *R* (figuras 5 y 8), á una tobera superior *S*, desembocan en la chimenea.

Tanto en uno como en otro caso, el extremo superior de la tobera suele terminar en dos caras planas laterales, *A* y *B* (figura 7), dentro de las cuales se mueven las placas cilíndricas *a* y *b*, formando una válvula llamada *de cuello*, que tie-

ne por objeto estrechar á voluntad el orificio de salida, aumentando la velocidad del vapor de escape. Al efecto, las placas giran en *c* y *d* por medio de las varillas *c' d'*, que, atravesando el costado derecho de la caja de humo, salen al exterior, se unen con sectores dentados *c' d'* (figura 10), ó pequeñas palancas *a b* (figura 9), y se maniobran á un tiempo por medio de una sola varilla *A* (figura 10), que termina en parte roscada junto á la plataforma: el volante *A*, fijo por sus muñoneras á la caldera, crea los movimientos longitudinales de la varilla *A'*: las flechas 1 indican la direccion conveniente para cerrar la válvula, ó apretarla, como dicen los prácticos, y las 2, la correspondiente para abrirla.

La lámina 23 representa con los números 21, 22 y 23 el conjunto.

No siempre el escape puede hacerse *variable*: en algunas máquinas es *fijo* y no hay válvulas (*S*, figuras 5 y 8, lámina 6).

97. Forma y dimensiones.—Si el tubo de escape tiene dos ramas, son ambas cilíndricas; pero cuando hay una sola ocupando el medio de la caja de humo, la seccion trasversal del tubo es elíptica, con el eje mayor perpendicular á la placa tubular para que estorbe ménos la limpieza de los tubos.

El área de la seccion trasversal debe ser tal que no entorpezca la salida del vapor, porque de verificarse esta circunstancia se aumentarian las contrapresiones en los émbolos. Cuando son dos los tubos, se dá á cada uno la misma seccion que al de admision: si es único, se aumenta en $\frac{1}{5}$ el área.

ARTÍCULO SEGUNDO.

ALIMENTACION.

98. Incrustaciones.—Las aguas, si no son completamente puras, contienen materias en disolucion, que por causas

accidentales pueden precipitarse, formando en las paredes del vaso que las contiene depósitos que se adhieren fuertemente á ellas. Estos depósitos son llamados *incrustaciones*.

Las materias en disolucion se componen principalmente de sulfato y carbonato de cal, pero tambien se encuentran en menor cantidad estas mismas sales de magnésia, algunos cloruros y carbonato de hierro.

Las sales calizas, por la mayor proporcion en que se encuentran, forman la mayor parte de las inscrustaciones. El carbonato de cal, que se halla en disolucion por un exceso de ácido carbónico, se precipita al perder este excedente por la vaporizacion en el interior de la caldera; y el sulfato, soluble á bajas temperaturas, lo es ménos á las elevadas á que llega el agua y se deposita en las paredes, cristalizando. Cuando el agua de la caldera está agitada por el movimiento, y sobre todo por la ebullicion, los depósitos formados no cristalizan; pero en reposo, al enfriarse, la cristalizacion tiene lugar, adhiriéndose aquellos tan fuertemente á las paredes, que en muchas ocasiones es dificilísimo arrancarlos con escoplo y martillo.

Cuando las aguas calizas son algo grasas por provenir de criaderos de hulla, ó por cualquier otra causa, los ácidos grasos desalojan al carbónico de su combinacion y forman con la cal jabones calcáreos, que se depositan en las paredes.

99. Inconvenientes de las incrustaciones—Las incrustaciones se forman en todas las partes de la caldera bañadas por el agua, como son, las placas del hogar, las armaduras, los virotillos, tubería, bocas de los tubos de alimentacion, orificios del nivel indicador, de los grifos calentadores, etcétera; y á veces se encuentran hasta en la caja de distribucion y en los cilindros, debiéndose probablemente su presencia en estos lugares al agua arrastrada por el vapor, ó á las partículas del polvo de incrustacion que éste conduce de la caldera. Las incrustaciones alcanzan grandes espesores: Gau-

dry cita una cristalizacion de $0^m,07$ de espesor formada en cinco semanas. Las incrustaciones producen muy graves trastornos en una caldera. Como son muy poco conductoras del calor, el metal se quema, pues que no trasmite al agua las calorías que absorbe: se producen dilataciones y contracciones fuertes que lo debilitan y originan abolladuras por efecto de la presion interior, rajas, dislocacion en los casquillos de los tubos y en las cabezas de los virotillos; de donde resultan fugas de agua y vapor que acrecentan el mal, quitando á la caldera mucha parte de la resistencia que debe tener, resistencia que se disminuye tambien por la oxidacion del hierro, consecuencia inmediata de la incrustacion. Además: el gasto de combustible aumenta considerablemente por la poca conductibilidad calorífica de las paredes, y por las fugas de agua y vapor que se escapan despues de haber absorbido inútilmente un buen número de calorías.

Si de las incrustaciones de la caldera pasamos á las que pueden formarse en los cilindros y cajas de distribucion, se verá que los efectos perjudiciales que se producen no son menores: las partículas interpuestas en las superficies de rozamiento rayan y destruyen los distribuidores y émbolos.

Bajo el punto de vista económico, las incrustaciones ejercen, pues, una influencia grandísima. Pero aún debe considerarse la cuestion bajo un punto de vista no ménos importante: el de la seguridad del maquinista y viajeros.

Las incrustaciones pueden obstruir los orificios del tubo indicador del nivel de agua en la caldera y dar indicaciones falsas: pueden quedar desguarnecidos el cielo y parte de las placas, enrojecerse, y al alimentar de nuevo, al encontrarse el agua en contacto con el metal incandescente, producirse grandes cantidades de vapor, que no encontrando, por la instantaneidad de su formacion, fácil salida por las válvulas de seguridad, sean causa de una explosion de la caldera.

El mismo efecto puede producirse por el desprendimien-

to ó rajadura de una parte de la costra incrustante, porque el metal á que se hallaba adherido, rojo por el fuego, se encuentra repentinamente bañado por el agua.

Resultados idénticos pueden producirse por los depósitos de los jabones calcáreos que en las aguas grasas y calizas se forman. Estos depósitos, suaves y untuosos al tacto cuando están húmedos, se mojan muy imperfectamente por el agua cuando están secos; con lo que se producen los perniciosos efectos del enrojecimiento de los metales sometidos á la accion inmediata del fuego, que se dejan señalados en los anteriores párrafos.

Resumiendo: la cuestion de las incrustaciones afecta á la economía y á la seguridad en la explotacion de una línea férrea; de aquí que se haya estudiado tanto, aunque con escaso fruto hasta el presente.

Todos los medios empleados para evitar las incrustaciones pueden dividirse en dos grupos: en el primero se comprenden los que tienen por objeto prevenirlas, impedir su formacion, y al segundo corresponden los procedimientos de *desincrustacion*, es decir, de destruccion de las incrustaciones formadas. Tratarémos de ellos separada, aunque ligeramente.

100. Medios preventivos de desincrustacion.—1.º—*Dependientes ó al alcance del maquinista.*—El maquinista puede retardar, ya que no evitar por completo, la formacion de las incrustaciones.

Cuando la locomotora está funcionando, el agua se encuentra á una elevada temperatura; la ebullicion y los movimientos bruscos de la marcha producen una agitacion en el líquido, que impide la cristalizacion de los precipitados; éstos se mantienen en estado de barro, que puede hacerse salir por el grifo de desagüe y limpieza. En cambio la cristalizacion se opera perfectamente cuando el agua está en reposo, al enfriarse: conviene, pues, evitar el enfriamiento

del agua de la caldera; y cuando la máquina llega al final de su viaje, aprovechar la presion que tenga el vapor en la caldera para desaguarla ó hacer salir los depósitos por las llaves de limpieza.

Tambien es de suma utilidad lavar la caldera á menudo, para cuyo efecto existen en las principales estaciones depósitos de agua, situados á gran altura, que la conducen al interior de aquella con una considerable fuerza viva, arrastrando, al salir por los grifos ó llaves de limpieza, los cuerpos depositados en el fondo.

No es posible precisar los períodos de lavado, porque depende de la impureza de las aguas y del servicio asignado á cada locomotora.

Se ha propuesto, aunque no está generalizado, el empleo de un *colector*, que es una chapa de palastro delgada, separada del fondo de la caldera unos cuantos centímetros. La agitacion que en el fondo produce la ebullicion, es seguida de un reposo del líquido encima del colector, que hace depositar en él las materias sedimentarias en suspension. El colector, para su limpieza, comunica al exterior de la caldera por un tubo de desagüe.

2.° *Medios mecánicos.*—Introduciendo en la caldera cuerpos muy divididos, como limaduras de hierro, se agitan en la ebullicion y mantienen en un estado de division á los depósitos, que impide su cristalizacion. Este procedimiento tiene un grave inconveniente: arrastrados los pequeños fragmentos por la corriente de vapor que va á la caja de distribucion y cilindros, se interponen en las superficies de rozamiento y las deterioran rápidamente.

Lo mismo sucede con la arcilla y vidrio molido, cuyo uso ha sido propuesto por algunos. Es preferible emplear trozos mayores de vidrios de botella, que moviéndose, arañan las paredes é impiden se fijen los depósitos.

3.° *Procedimientos químicos.*—Consisten en mezclar con

el agua sustancias que impidan la adherencia de las incrustaciones, y áun su formacion en algunos casos, por sus efectos químicos. Entre los más principalmente empleados se encuentran:

Las patatas, harina, almidon; que, descomponiéndose en la caldera, ejercen una especie de lubrificacion en sus paredes que evita la adherencia de las cristalizaciones. Segun Mr. Grouvelle, basta un litro de estas sustancias por mes y caballo de vapor. Este procedimiento es muy usado.

Palo campeche ú otras maderas de tinte. La materia colorante tiene una cierta afinidad con las sales calcáreas cuando se hallan en estado sólido; de modo que las partículas que se precipitan se hallan envueltas de esta materia colorante, y esta envuelta les impide unirse entre sí, así como adherirse á la caldera.

Se puede emplear la madera al natural. Un kilógramo basta por caballo de vapor cada seis semanas; pero es preferible hacer preliminarmente una decoccion de la madera reducida á polvo, y echar el líquido en el agua de la caldera.

Si las aguas calcáreas son grasas, se previenen los depósitos de jabones calcáreos, con el carbonato de sosa que las saponifica.

Segun Mr. Kuklmann, el carbonato de sosa puede emplearse con éxito áun en las aguas calizas no grasas. Se verifica la precipitacion inmediata de las sales calcáreas en disolucion, con lo que no hay cristalizacion, que sólo es debida á la formacion lenta de los depósitos.

Todos los medios preservativos que se dejan indicados son poco eficaces y presentan además el inconveniente de hacer escupir las máquinas. Preferible sería depurar las aguas en los depósitos de alimentacion antes de que pasasen á las calderas.

101. Procedimientos de desincrustacion.—Los medios mecánicos consisten en rascar las paredes que tienen in-

crustaciones, valiéndose al efecto de los agujeros que hay en los cuatro ángulos del cajon de fuegos, para meter rascadores que limpian el espacio que media entre el cajon interior y el exterior, aprovechando todos los orificios análogos que existan en la máquina, y quitando, finalmente, la cúpula ó cubeta para penetrar en el interior de la caldera: un chorro de agua introducido en ella desde el depósito elevado de que se habló anteriormente, arrastra las partículas arrancadas y las arroja por las llaves de limpieza.

Este procedimiento, aunque es el más generalmente empleado, deteriora la caldera, porque los metales se arañan, y no puede siempre hacer desaparecer las incrustaciones en todos los puntos en que están formadas, porque la tubería, virotillos, armaduras, etc., no dejan penetrar bien los rascadores en todos sentidos.

Se emplean tambien procedimientos químicos que tienen por objeto atacar las incrustaciones, descomponerlas, convirtiéndolas en barro que cae al fondo y que se puede hacer desaparecer despues con las llaves de limpieza.

Gran número de recetas han surgido para conseguir el objeto: la sal amoniaco, carbonato de sosa, ácido clorhídrico y otras muchas, que segun sus inventores habian de dar grandes resultados, no son más que paliativos ménos eficaces de lo que fuera de desear, presentando algunas de ellas el inconveniente de atacar los metales del generador, con grave detrimento de su conservacion y creando un mal al tratar de evitar otro.

Repetimos que el mejor sistema de prevenir las incrustaciones es depurar el agua en los depósitos, filtrándola para quitar las materias en suspension, y neutralizando la accion de las materias sedimentarias con sustancias de poco precio y fácil manipulacion.

Ya que no sea posible depurar por completo el agua, ha de pretenderse á lo ménos privarla de las sales más abun-

dantes y más perjudiciales por la dureza y adherencia de las cristalizaciones. En este caso se encuentran las sales calizas.

Para el carbonato de cal, el reactivo opuesto es el agua de cal, en cantidad conveniente para combinarse con el ácido carbónico en exceso que contiene la disolucion, con lo que, saturado éste, se obtiene la precipitacion del todo. No hay más que decantar el líquido despues por una abertura hecha en las paredes, algo distante del fondo.

Hay que observar que los precipitados tardan algun tiempo en ir al fondo; de modo que si el consumo de agua del depósito es grande, es preciso acelerar la precipitacion, y esto se puede alcanzar echando al agua un exceso de lechada de cal.

Sin embargo, tiene este procedimiento el grave defecto siguiente: la cal en exceso, disuelta con el agua, forma en la caldera despues depósitos tan adherentes y perjudiciales como el mismo carbonato. Es preferible, pues, si la pequeñez del depósito con relacion al consumo de agua lo exige, filtrarla despues de haber echado la cantidad de agua de cal extrictamente necesaria para saturar el ácido carbónico en exceso.

La precipitacion del carbonato y sulfato de cal se podrian obtener por el calor en los depósitos. Este medio es algo más caro que el anterior.

El sulfato de cal se ataca con el carbonato de sosa: la proporcion de esta sal, así como la de agua de cal, se determinan en virtud de un análisis preliminar hecho con el agua que se quiere depurar. El carbonato de sosa descompone el sulfato alcalino, que queda en disolucion. Es preciso evitar un exceso de sosa que haria viscosa el agua.

APARATOS DE ALIMENTACION.

102. Los aparatos de alimentacion de una caldera son,

sin disputa, de los más importantes de la máquina, pues de sus buenas condiciones y régimen depende, no tan sólo la duracion y servicio regular de la locomotora, sino tambien la seguridad de los viajeros. La falta de agua en la caldera es la causa más frecuente de las explosiones.

Los conocidos hasta el dia son:

1.° Las *bombas* movidas por el vástago del émbolo.

2.° El *caballito*, bomba servida por una pequeña máquina de vapor que se toma del generador: se utiliza para alimentar en las paradas.

3.° El inyectador *Giffard*, que funciona con vapor de la caldera, y verifica la alimentacion, ya esté parada la máquina, ya en marcha.

De todos ellos, el más generalmente empleado en la actualidad, y cuya adopcion en lo sucesivo promete ser exclusiva, es el *Giffard*. Sin embargo, suele verse las *bombas* en algunas máquinas, y por esta razon las describirémos, aunque ligeramente.

103. Bombas: descripcion. (Lámina 8, figura 1.)—La resbaladera *A*, ó en otras máquinas la excéntrica de marcha retrógrada, mueve el cilindro *B*, que hace las veces de émbolo, dentro del *C*, llamado *cuerpo de bomba*, en comunicacion con el *D*: en uno de sus extremos se une al tubo aspirante *T* y por el otro comunica con el *impelente* *T'* que conduce el agua á la caldera. *S*, *S'* y *L* son las *capillas* que contienen las válvulas *a*, *b* y *c*, llamadas: la primera, de *aspiracion*, y las dos últimas, de *impulsion*; distinguiéndose con las denominaciones de primera la *b*, y segunda la *c*.

Las válvulas *b* y *c* están separadas por la cámara *N*; *M* es la estopera correspondiente al cuerpo de bomba.

Cuando el émbolo marcha hácia la derecha de la figura produce la aspiracion, se abre la válvula *a* penetrando el agua en los cuerpos *D* y *C*, y las *b* y *c* permanecen cerradas: en el movimiento retrógrado se cierra la válvula *a* y se

abren las *b* y *c* y el émbolo impele el agua á la caldera por el tubo *T'*.

En la union de *T'* con la caldera, hay una llave de detencion que permite visitar la bomba, arreglar los desperfectos y tambien interrumpir la alimentacion.

El tubo de aspiracion *T* se une con otro del mismo nombre procedente del tênder, provisto de una llave, por medio de un tubo de caoutchouc ó goma rodeado de un grueso alambre en hélice, que, dándole resistencia para soportar las presiones interiores, le deja suficiente flexibilidad para obedecer los movimientos laterales contrarios á que está sujeto.

Al tubo de aspiracion vienen á desembocar los calentadores.

La segunda válvula de alimentacion suele colocarse al lado de la llave de detencion de que hemos hablado, para que en caso de romperse el tubo *T'* se intercepte inmediatamente la salida del agua sin necesidad de acudir á la llave, cuya maniobra es difícil en caso de accidente, por la gran cantidad de agua y vapor que se escapa, á no ser que esté provista de una varilla para manejarla desde la plataforma.

Entre las dos válvulas *b* y *c* hay un tubo *P* de *prueba*, *desagüe* ó *descarga*, que desemboca en la atmósfera, y como su nombre primero indica sirve para comprobar la buena marcha del aparato y dar salida al aire interior. Tiene una llave que se maniobra desde la plataforma por el intermedio de la correspondiente varilla.

El cuerpo de bomba es de bronce ó fundicion; el émbolo, de hierro, acero ó bronce, y de este último metal las válvulas.

104. Modo de poner en marcha una bomba.—Abrese primero la llave del tender y la de insercion del tubo de alimentacion con la caldera, y suponiendo el émbolo en la disposicion que indica la figura, resultará: el tubo *T'*, lleno de

agua del generador, que ejercerá sobre la válvula *c* la presion del vapor que acuse el manómetro; los tubos *N* y *P* llenos de aire; el *T* lleno de agua procedente del tender. La válvula *a* permanecerá cerrada porque su peso está arreglado para que pueda abrirla el agua de alimentacion siempre que en *D* se haya formado un vacío relativo, y en la actualidad no es así, pues segun hipótesis pesa sobre ella el aire interior.

Al moverse el émbolo á la derecha, el aire que ocupa el espacio *D* se enrarece: disminuye la presion que ejercia sobre la válvula *a*, y penetra el agua de *T*, sin llenarlo, porque el aire toma la parte superior, y por la tension que ejecuta sobre el líquido que penetró paraliza su ascension. Cuando retrocede el émbolo se cierra la válvula *a* y se abre la *b*, penetrando el aire y parte del agua contenida en *D* y cuerpo de bomba. Repitiendo el émbolo sus viajes queda lleno de agua el tubo *D* y parte del *N*, ocupando el aire la parte superior.

Si la válvula *c* no soporta una gran presion, se abrirá, penetrando el líquido y aire en el tubo impelente *T'*; pero con la ordinaria á que trabajan las locomotoras no sucede así: el aire comprimido en la parte superior de la capacidad *N* no alcanza suficiente tension para abrir la válvula *c*, y sí para cerrar por el intermedio del agua la *b* é impedir la inyeccion de nuevas cantidades de líquido: es necesario entónces expulsarlo, y al efecto se utiliza el tubo de prueba *P*. Para ello, desde que el aparato empieza á funcionar se abre la llave de este tubo, pero solamente en los períodos de tiempo correspondientes al retroceso del émbolo, y cerrándola en los de avance con objeto de impedir la aspiracion por él del cuerpo que se quiere despedir. Repetida esta maniobra algunas veces, si la bomba funciona bien saldrá agua por el tubo de prueba, lo cual indicará que los espacios *D* y *N* están llenos de esta sustancia, y puede decirse que el aparato

marcha. La salida del aire y agua por el tubo de prueba debe ser intermitente, pues corresponde únicamente á los viajes retrógrados del émbolo.

105. Averías y modo de remediarlas.—Si en las condiciones anteriores el tubo de prueba no dá salida al aire ni al agua, es prueba de que no ha llegado á la cámara *N*, y este incidente puede ser provocado por cualquiera de las siguientes causas:

1.ª Obstruccion del tubo de alimentacion *T*.

2.ª Que las válvulas *a* y *b*, ó una de ellas, están *dormidas* (*).

3.ª Interposicion de un cuerpo extraño en el de bomba *C*, que deja sin accion el émbolo.

Si el émbolo funciona bien y no sale agua por su estopera, es prueba de que el cuerpo *C* no ha podido llenarse, y la falta reside en la válvula *a*: el caso contrario acusa avería en la *b*.

Cuando el tubo de prueba dá un chorro contínuo de agua, la válvula *c* ha debido sufrir algun desperfecto: debe interrumpirse la alimentacion y cerrar inmediatamente la llave de detencion si se quiere evitar quede desguarnecido el techo del hogar. Si sólo dá salida al aire es señal de que se aspira por el tubo *T*, por estar cerrada la llave del tender, ó por la caja de estopas *M*, y es necesario evitarlo á todo trance para que la bomba funcione.

Cuando se presenten fisuras en el tubo de aspiracion, se pueden tapar envolviéndolas con una lámina de plomo, estopa ó lona fuerte bien atada; pero si la fractura es completa, debe considerarse inutilizado el aparato, y alimentar con el otro. En caso de inutilizarse los dos, no queda más recur-

---

(*) Se dice que las válvulas están *dormidas*, cuando por la interposicion de grasa ú otra materia se agarran fuertemente á sus asientos.

so que tirar el fuego, y aprovechar el vapor existente en la caldera para conducir la máquina á algun apartadero.

Aún son más graves los desperfectos en el tubo de impulsion y más difíciles de corregir, porque la presion que sufren sus paredes es muy grande por la considerable que el agua de inyeccion tiene que vencer para penetrar en la caldera. Generalmente no queda más remedio que cerrar la llave de detencion; y en caso de avería en ésta, arrojar el fuego inmediatamente, pues la caldera se vaciará en seguida.

A veces los tubos impelentes revientan por desidia de los maquinistas, que no vigilan el orificio de introduccion del agua en el generador, en donde las incrustaciones forman anillos que reducen el paso, produciendo presiones considerables.

Es conveniente visitar con frecuencia las válvulas para sustituirlas si están desgastadas por el roce. Las bombas son inútiles para alimentar en las paradas: si hay necesidad puede hacerse del siguiente modo. Colócanse dos rodetes debajo de los carriles, pero de manera que las llantas estén al nivel de éstos: se conduce la locomotora hasta colocar sus ruedas motrices sobre los rodetes, calzando las delanteras y traseras, y se abre el regulador. Las ruedas motoras girarán, sin trasladarse, y los movimientos del émbolo de los cilindros se comunicarán á los de las bombas. Este recurso no puede aplicarse á las máquinas que tienen todos sus ejes acoplados: empléase entonces el *caballito*.

106. Aparato Giffard.—Principios en que se funda.— Supongamos en una de las paredes bañadas por el agua de la caldera en presion C (figura 2, lámina 8), el orificio A cerrado por la válvula a, que recibe la presion N dependiente de la tension del vapor: suprimida la válvula, saldria el agua con la velocidad V debida á N. Si por el tubo E, en la direccion que marca la flecha 2, conseguimos conducir

un chorro de agua con velocidad V', mayor que V, causará en a una presion M, superior á la N que la cierra, y penetrará en la caldera.

Veamos el modo de proporcionarnos el chorro E en las condiciones exigidas. Sea B un tubo de toma de vapor y D otro en comunicacion con el depósito de líquido. El vapor sale por B con velocidad V'', que dependerá de su tension, pero que en todos casos será superior á la V; al pasar por D aspirará el agua de alimentacion y la arrastrará hácia $E\,A$: si se consigue que la mezcla posea una velocidad V', que aunque menor que V'', como es consiguiente, supere á V, el problema estará resuelto. El mismo generador proporciona la alimentacion productora de nuevas cantidades de vapor, de las que una parte podrá utilizarse para las alimentaciones siguientes.

107. Descripcion del aparato. (Figuras 3 y 4, lámina 8.)

P es el *tubo de toma de vapor:* tiene una llave en su extremo de union con la caldera ó cubeta, para interrumpir á voluntad la comunicacion.

F = *Cilindro.* Es hueco, y en él desemboca el tubo P, al que se une con las bridas P''. Tiene en su interior tres compartimientos distintos:

f_1 llamado *cámara de vapor.*

f_1' denominado *cámara de agua*, que recibe el extremo del *tubo de aspiracion* H en comunicacion con el depósito ó tender, y

f_1'' caja de estopas del cilindro interior D: en su extremo lleva una oreja f' con tuerca taladrada.

D = *Émbolo.* Cilindro hueco que se mueve á rozamiento suave dentro del F por medio de un tornillo de paso rápido, de que está provisto el apéndice D', que penetra en la tuerca de f'. Sirve para la maniobra la palanqueta K.

En el interior del émbolo se observan:

Unos pequeños orificios en la superficie d, próxima á la

cámara de vapor, para dar paso al que conduce desde la caldera el tubo *P*.

Un anillo *D''* con parte roscada.

El extremo cónico ó *tobera d''*, por donde circula el vapor que penetró por *d*.

En el otro extremo, la caja de estopas *U*, con su prensa *U'*, y el anillo *u*.

Aunque el émbolo se mueve á rozamiento suave dentro del cilindro *F*, es preciso, para la buena marcha del aparato, no dejar paso al vapor por entre las superficies en contacto: al efecto, se trabajan y tornean cuidadosamente; y como complemento, se abre en el émbolo la garganta *f'''*, rellenándola con un anillo de estopa ó caoutchouc.

K' = Prensa-estopas superior del cilindro exterior.

B = *Aguja ó lanza*. Termina en la parte cónica *A'* que penetra en la tobera haciendo el oficio de válvula. Para la maniobra tiene la parte roscada *C*: el anillo *b* que limita los movimientos de traslacion, y la manivela *A* con su tuerca *a*.

Merced al prensa-estopas *U*, al *K'* del émbolo y al *f'''*, el vapor que desemboca por *P* no puede salir más que por la tobera: la aguja maniobrada con la manivela *A* regula el paso.

Cilindro L'. Es continuacion del *F*, con el cual se une por las bridas *Z*. En su interior existe *la chimenea L* en forma de dos troncos de cono convergentes de inclinacion distinta: en ella se opera la aspiracion del agua del depósito, su impulsion por el vapor que sale de la tobera y la condensacion de éste. La tobera penetra en la chimenea y deja un espacio anular para el paso del agua, que se puede hacer variar de magnitud aproximando ó alejando la tobera con el tornillo *f'* y su palanca *K*.

Las *miras m*, cubiertas al exterior con la abrazadera giratoria *a'*, que está provista de orificios análogos: cuando coinciden, se descubre el interior, pudiendo observarse la marcha del aparato.

En otro cilindro unido al anterior hay:

El *tubo divergente* T, cuya ánima consta de tres superficies: dos conos t y t' unidos por sus bases en t'': la base del t' está redondeada. Este tubo tiene por mision recibir y guiar el chorro de agua que viene por la tobera.

El *tubo de descarga* M, que sirve para dar salida á la atmósfera al agua ó vapor condensado que por cualquier causa accidental, de las que se dirán despues, no penetre en el tubo divergente.

Encuéntrase, por último, la válvula N, y á continuacion el *tubo de alimentacion* N', que desemboca en la caldera, conduciendo el agua procedente del tubo divergente.

La válvula N queda cerrada por la presion cuando el Giffard no funciona, y puede ser visitada levantando la brida R.

108. Metales.—El cilindro F, el cuerpo exterior L' de la chimenea y el del tubo divergente, son en general de fundicion. El tornillo lateral f', la palanca K, el prensa-estopas del émbolo y la manivela de la aguja, de hierro; y el émbolo, la aguja y prensa-estopas, tobera y cono divergente, de bronce.

109. Modo de funcionar.—El vapor llega por el tubo de toma, penetra en la cámara, pasa por los orificios d al interior del émbolo D, y sale por la tobera. El aire que contiene la cámara de agua es expulsado por la succion operada por el vapor, y por condensacion de una parte de éste. Producido el vacío, el agua de alimentacion asciende por el tubo de aspiracion H, y se mezcla en n con el chorro de vapor despedido por la tobera, envolviéndolo, condensándole en parte y calentándose á su vez.

La velocidad que traen las partículas de vapor, dependiente de la tension en atmósferas reinante en la caldera, no se pierde cuando aquellas se condensan y convierten en gotas de agua, y la comunicarán á las de la de alimentacion,

con quien están en contacto, arrastrándolas, por la especie de engranaje que se produce.

La diferencia de velocidades del agua de condensacion y de la de alimentacion al ascender por el tubo *H*, será causa de la formacion de remolinos en la cámara *d''*, *n* y chimenea *L*, que operarán la mezcla, la que tendrá una velocidad media, al salir por la extremidad inferior de la chimenea, que dependerá de la tension del vapor en la caldera, de la cantidad que pasa por la tobera en la unidad de tiempo y de la de agua arrastrada.

Estableciendo una relacion conveniente entre las cantidades de vapor y agua arrastrada, la teoría demuestra que el chorro de mezcla, al salir de la chimenea, tendrá velocidad superior á la de salidad del agua de la caldera si se suprimiese la válvula *N*. Para regular dichas cantidades sirven las manivelas *A* y *K*: con la primera se descubre la tobera graduando el paso del vapor: la segunda permite variar la posicion del émbolo *D* separándole arbitrariamente de la chimenea y variando en consecuencia el área de la seccion trasversal del anillo que ámbos forman para la circulacion del agua alimentadora.

Ahora sólo resta convertir la fuerza viva del chorro que sale por la chimenea, en trabajo, para que pueda entrar tranquilamente en la caldera venciendo la presion interior; y esto se consigue con el tubo divergente *T*, que recibe por *t'* el agua de alimentacion.

Cada capa del agua conducida por el tubo divergente, contada perpendicularmente á su eje, disminuye de velocidad á medida que aumenta de diámetro; es decir, á medida que se aproxima á la base *h* del cono. Ahora bien: en virtud de la fuerza de inercia, la pérdida de velocidad en las capas origina grandes presiones en las próximas anteriores; de modo que cada elemento trasversal de la vena fluida produce sucesivamente y sin choque, sobre el elemento anterior,

una cierta propulsion, y la suma de todos estos efectos, superior á la presion interior de la caldera en el orificio de entrada, determina la del agua alimentadora.

110. Temperatura del agua de alimentacion.—Para que el aparato funcione, es preciso que la temperatura del chorro al salir de la chimenea sea inferior á 100°, pues de lo contrario se escaparia á la atmósfera en forma de vapor por el tubo de descarga.

Estableciendo, pues, la condicion de que la mezcla quede á 85°, es factible encontrar la temperatura límite superior t á que podrá llegar el agua de alimentacion para que ésta tenga lugar, en el caso de ser P la presion en atmósferas, P' peso de agua que llega al Giffard en la unidad de tiempo y p el del vapor, suponiendo además que $P = 13p$: porque conocida la temperatura de éste á la presion P, las calorías que restituye al condensarse y tomar la temperatura de 85° y las que son necesarias para elevar de t á 85° la temperatura del agua de alimentacion, un cálculo muy sencillo conduce ó la determinacion de t, que para $P = 5$ atmósferas no debe exceder de 54°, y para $P = 8$ de 40°. Claro está que t varía inversamente á la temperatura del vapor, es decir, á su tension.

111. Maniobra del inyectador Giffard.—Cuando el inyectador no funciona, la aguja debiera estar obturando por completo la tobera, mas no se verifica así por dos razones de conservacion del aparato: la primera, porque el rozamiento que se produce al cerrarla y abrirla frecuentemente podria desgastar sus paredes, ensanchando el orificio más de lo conveniente; la segunda, porque á pesar de mantener cerrada la llave de toma de vapor, puede haber algun escape, y al penetrar en el émbolo, si encuentra cerrada la salida, ascenderá por la parte roscada de la aguja hasta la caja de estopas U, quemándolas; miéntras que con la tobera abierta, el vapor se condensará al pasar por la chimenea y la peque-

ña cantidad de agua formada goteará por el tubo de descarga.

Sabido es que las primeras cantidades de vapor admitidas tienen por objeto expulsar el aire interior y hacer el llamamiento ó succion del agua del depósito, y al efecto basta que la tobera esté un poco abierta; conociéndose que el agua de alimentacion ha llegado á la chimenea, porque se escapa por el tubo de descarga. Entónces el aparato está en marcha y hay que abrir rápidamente la tobera, separando la aguja con la manivela para que pasen mayores cantidades de vapor y se verifiquen los fenómenos indicados anteriormente.

Pues bien, cuando el aparato no funcione, ya que se ha indicado la conveniencia de que la aguja no cierre completamente la tobera, se dejará abierta la cantidad necesaria para ponerlo en marcha; es decir, para hacer llegar el agua de alimentacion, economizando así un tiempo de la maniobra. La abertura preliminar de la tobera no debe exceder de un cuarto ó un quinto de la total; la práctica dá á conocer por el exámen de la parte de varilla de la aguja que sale al exterior, la posicion de ésta á que corresponde la abertura indicada.

Abierta completamente la tobera, es preciso, si el Giffard ha de funcionar con regularidad, que esté bien graduada la seccion anular del paso del agua para dar circulacion á la cantidad conveniente y no más, graduacion que se consigue, como ya hemos visto, con la palanqueta *K*. Si el agua de alimentacion llega en exceso, no puede introducirse por completo en el tubo divergente y sale tumultuosamente por el de descarga: se conoce en seguida este incidente por el ruido fuerte que produce al llenar la cámara *d''* golpeando sus paredes. Habrá necesidad de mover la palanqueta para descender el émbolo hasta que no salga líquido al exterior: se oye entónces un ruido particular que proviene del choque del agua inyectada con la de la caldera, y que, para

el que está acostumbrado á maniobrar el inyectador, es la mejor señal de que funciona bien.

Si, por el contrario, se reduce demasiado el espacio anular, no pasará la suficiente cantidad de agua para condensar el vapor; éste se coloca encima, en vez de ser envuelto por ella, la rechaza al tender, penetrando allí y calentándola: una parte del fluido se escapa tambien por el tubo de descarga. En este caso debe cerrarse inmediatamente la llave de toma, ó bajar la aguja para que tape inmediatamente la tobera. Estando en marcha el aparato, se conoce fácilmente que la tobera está á la distancia mínima posible de la chimenea, es decir, que la cantidad de agua de alimentacion está próxima á su límite inferior, cuando sale por el tubo de escape una pequeña cantidad de vapor y agua muy caliente; conviene en seguida aumentar la separacion del émbolo.

Cuando el agua que contiene el tubo de aspiracion está demasiado caliente, bien por el accidente que acabamos de explicar ó porque aquél se encuentra muy cerca del hogar, ó por la accion del sol cuando la máquina está parada, para poner en marcha el aparato, conviene, antes de abrir completamente la tobera retirando la aguja al límite, dejar salir por el tubo de descarga toda el agua caliente que el de aspiracion pudiera contener: una vez renovada por otra fria del tender y con la seguridad de que la que pasa por la tobera es ya convenientemente fria, se puede abrir por completo la aguja.

De lo contrario, el vapor al encontrar un agua demasiado caliente, no se condensará, se pondrá encima y la rechazará.

Como se vé, para cada tension de vapor, y suponiendo la tobera abierta al máximo, corresponde una cierta cantidad de agua de alimentacion, que fluctúa entre límites muy poco distantes; claro está que la cantidad de agua arrastrada aumenta con la tension del vapor en la hipótesis ántes anunciada, pero la alimentacion no puede pasar de un límite supe-

rior determinado por el calibre del tubo divergente, medida en milímetros, en *t''* (figura 4, lámina 8).

Dijimos que los límites de alimentacion eran poco distantes. Si la presion es de 6 á 7 atmósferas y permanece constante la alimentacion, puede variar en la razon de 2 : 1 próximamente, haciendo variar el paso del agua. Por el contrario, si la tension del vapor ha de subir de 5 á 6 atmósferas hasta 8, puede obtenerse una alimentacion casi constante sin variar la posicion de la palanquilla.

Si el agua del tender está á 35° ó 40°, circunstancia que conviene evitar en cuanto sea posible, no existen ya los límites anteriores y sólo se encuentra para cada tension una posicion de palanquilla que puede hacer funcionar el aparato. Por el contrario: cuanto más baja sea la temperatura del agua, se puede variar entre límites más separados la alimentacion, sin que la temperatura del chorro mezcla exceda de los 85°, es decir, sin que el aparato deje de funcionar.

De lo dicho se deduce que la marcha del Giffard es más fácil en invierno que en verano.

Resumiendo; para maniobrar el Giffard es preciso:

1.° Poner en comunicacion el tubo de aspiracion con el depósito (abriendo al efecto la llave del tender, figura 8).

2.° Haciendo uso de la palanquilla, separar la tobera de la chimenea cuanto sea necesario, segun la tension del vapor: dato sencillo que á muy poca práctica se obtiene.

3.° Abrir la llave de toma de vapor.

4.° Si la aguja tapaba completamente la tobera, levantarla un poco hasta que se vea salir por el tubo de descarga un chorro de agua.

5.° Acabar de subir la aguja.

6.° y último. Modificar ó rectificar la posicion del émbolo ó tobera, segun los casos. Si sale agua por el tubo de descarga, cerrar más, y si sale vapor, abrir.

Para detener la marcha del aparato basta cerrar la llave

de toma de vapor, ó bajar por completo la aguja hasta obturar la tobera. Este segundo expediente tiene el defecto ya enunciado de quemar las estopas. Así que es más conveniente cerrar la llave de toma de vapor y bajar la aguja, sin tapar por completo la tobera, lo preciso para que al abrirla de nuevo, en la próxima alimentacion, pueda ponerse en marcha el aparato.

Un Giffard no funciona sino se ha expulsado del generador el aire que contiene.

112. Averías y modo de remediarlas.—Si las estopas se estropean y no obturan bien, hay fugas de vapor abundantes por las cajas; no pasa entónces por la tobera todo el que conviene, y el aparato deja de funcionar. Conviene renovarlas con frecuencia.

La tobera puede ensanchar su diámetro con el uso, por los rozamientos de la aguja, y dar paso á mayor cantidad de vapor que el calculado en la magnitud dada á las demás piezas. Se reemplaza por otra, y miéntras tanto se abre ménos la aguja.

La aguja ó su manivela se pueden romper. Si así sucede debe procurarse subir la aguja, aunque rota, para que no obture la tobera, y el Giffard se maniobra con la llave de toma de vapor, abriéndola primero un poco, y despues por completo.

Cuando la válvula *N* no cierre bien, por la interposicion de un cuerpo extraño ó cualquier otra causa, se quita la brida *R* y se remedia el mal, siempre que la caldera esté sin agua, por supuesto, á no ser que haya otra llave en su union con el tubo de alimentacion.

112'. Potencia de alimentacion del Giffard.—La cantidad de agua de alimentacion que el Giffard puede proporcionar, depende de su calibre (seccion mínima del tubo divergente) y de la presion efectiva del vapor, y crece próximamente como la raíz cuadrada de ésta.

Hé aquí el agua, en litros por hora y milímetro cuadrado de seccion, que, segun Giffard, pueden suministrar sus aparatos:

Presion absoluta en atmósferas.	$1\frac{1}{4}$ -$1\frac{1}{2}$ -2-2,5-3-4-5-6-7-8- 9 - 10
Cantidad de agua en litros.	18 - 26 -36-44-50-62-72-80-88-95-102-108

Segun esto, si se quiere calcular el diámetro correspondiente á una máquina de 200 caballos, á razon de 20 litros por caballo y hora y á la presion media de 7 atmósferas, tendrémos:

$200 \times 20 = 4000$ litros de agua necesarios por hora: la tabla anterior dá para 7 atmósferas 88 litros por 1 milímetro cuadrado: luego $\frac{4000}{88}$ será el área en metros cuadrados $= 45^{m^2},4$, y el diámetro correspondiente $7^{m^2},6$.

Los inyectadores se clasifican por el número de caballos de vapor de la máquina á que alimentan. A igualdad de calibre y tension del vapor, los límites en que puede variar la alimentacion son muy distintos; de aquí que un mismo Giffard no sirva para la alimentacion contínua é intermitente; pues para lo primero el calibre es pequeño y no permite alimentar mucho en un instante determinado; y para lo segundo, se lleva demasiada agua á la caldera. Lo mejor es tener dos: uno chico y otro grande: de este modo uno de ellos sirve de reserva para el caso de inutilizarse el otro.

113. Colocacion.—Dos situaciones distintas se suele dar al Giffard. Una (figura 10, lámina 8), horizontalmente, á un lado de la caldera, *G*, ó por encima de ella en la generatriz superior, de modo que la entrada *M'* del tubo de aspiracion en el cilindro, sea superior al nivel de agua en el tender, para que no pueda escaparse por el tubo de descarga.

El tubo de toma *P*, nace de la cubeta ó de cualquier otra caja, no sólo para operar con vapor más seco, que necesita-

rá más agua para condensarse, sino porque resultando el arranque bastante elevado no se corre el peligro, en las paradas bruscas, de que el agua de la caldera, al ascender, éntre por el tubo de toma, inunde el interior del aparato, cuando éste se encuentre funcionando (y por consecuencia abiertas las llaves) é interrumpa su accion.

En algunos tubos de toma hay dos llaves: una en la cubeta y otra en la union con el Giffard. Cuando la cubeta está próxima á la plataforma, basta con la primera.

El tubo de aspiracion *D* pasa por debajo de la plataforma, recurvándose allí, para unirse con otro *D'* del tender, por medio de la rótula ó corto tubo de goma ó caoutchouc *H'* rodeado de un grueso alambre en hélice: la figura 9 dá estos detalles en escala mayor. *D* es el tubo de aspiracion en la parte correspondiente á la máquina; *D'* el homólogo del tender; *C* y *C'*, bridas de union; *A* y *A'*, otras para la rótula *H'*; *B* y *B'*, tirantes de suspension; *L*, llave del tubo de aspiracion, y *S*, varilla correspondiente: en otros tipos de tender (figura 2, lámina 16), esta llave está colocada en la union del tubo con el piso, maniobrándose con la manezuela situada en la parte superior de la caja de agua.

La figura 8, lámina 8, detalla algo más esta disposicion: *E* es la llave ó válvula; *F* el piso del tender; *H* el arranque del tubo de aspiracion; *G* la caja de la válvula, asegurada al piso con pernos; *D* la varilla de maniobra, con su parte roscada *B* y manezuela *A*, situada en la tapa superior *C* de la caja de agua.

Se procura hacer pasar el tubo de aspiracion lo más lejos posible de la caldera y fogon, para evitar el calentamiento del agua.

El tubo de descarga desemboca en la parte inferior de la plataforma, al aire libre; pero para poder vigilar mejor la marcha del aparato por la materia á que dá salida, en algunas máquinas, como indica la figura 10, es sumamente corto,

y penetra en un ancho embudo *M* terminado por otro tubo que desagua en la parte inferior.

A pesar de todo, es más general la primera disposicion. Conviene que el tubo de alimentacion *H* sea corto y desemboque en las proximidades del nivel inferior á que puede llegar el agua en la caldera, para que el chorro no tenga que vencer resistencias inútiles. En su union con la caldera tiene una llave ó válvula ordinaria que abre al interior y se mantiene cerrada por la presion del generador.

Tambien se coloca el Giffard verticalmente, sobre la plataforma. (Lámina 2, y figura 3 de la lámina 8.) El tubo de descarga *M* no tiene embudo: el de alimentacion *N'* sale por un orificio abierto en el balconcillo y pasa por encima de los guarda-ruedas: por último, el de aspiracion *H* tiene en la parte correspondiente al tender las llaves anteriormente descritas, y cuya necesidad se descubre en seguida; pues siendo el nivel de agua, del depósito, superior á la penetracion del tubo en el Giffard, es preciso evitar que aquella se escape por el de descarga cuando no funcione el aparato. Si para evitar la necesidad de la llave, y su frecuente maniobra, se elevase el arranque del tubo de aspiracion, se elevaria tambien todo el aparato y la manezuela quedaria situada á una altura que haria difícil su manejo.

114. Modificaciones del Giffard.—Sistema Delpech.— (Figuras 5 y 6, lámina 8.)—El aparato tiene sus dos partes extremas *B C* y *D H* fijas, y la intermedia *S M b*, móvil: la parte *B C* comprende el cilindro, la tobera y tubos de toma de vapor *B*, y aspiracion *m*; la *D H* consta del tubo *H* de alimentacion; por último, la media, móvil, lleva la chimenea *b*, el tubo divergente *M* y el de descarga *S*. Las partes extremas están unidas por el pequeño bastidor *N*: la móvil puede moverse longitudinalmente con el volante *A* y varillas *a*.

El carácter distintivo de la modificacion estriba en la in-

variabilidad de posicion de la tobera y la movilidad de la chimenea; sus principales ventajas son: la independencia de las cámaras de agua y vapor, que hace que este último, por la supresion del cilindro interior, sólo pueda salir por la tobera sin escapar por las superficies en contacto, y la economía de la estopera del émbolo.

115. Sistema Turck. (Figura 7.)—La tobera *A*, chimenea *B*, tubo divergente *C*, son fijos: la falsa tobera *D*, movida con el piñon *a*, regula el paso del agua.

116. Exámen comparativo de los diversos aparatos alimentadores.—La *bomba* necesita tubos largos, anchos y gruesos, aumenta el número total de piezas de la máquina y oculta parte del mecanismo. Está sujeta á frecuentes averías producidas por motivos tan sencillos como son la interposicion de pequeños trozos de estopa ú otra materia cualquiera, agua, grasa, etc., ó por causas tan constantes como la rapidez de movimientos del émbolo en el cuerpo de bomba, que afloja las uniones y deteriora los tubos.

No sirve para alimentar en las paradas, de modo que para conseguirlo en las estaciones es preciso poner en movimiento la máquina, causando el trastorno y gasto de vapor consiguiente. En marcha absorbe una parte del trabajo útil.

El *caballito* consume mucho vapor, tiene los defectos de la bomba y aumenta la vigilancia y atencion de los empleados.

En cambio el *Giffard* padece ménos, alimenta en todas épocas, es completamente independiente de la máquina, y de fácil instalacion. Cierto es que gasta vapor, pero calienta en cambio el chorro de alimentacion.

El único defecto que se le achaca es la imposibilidad en que se está, con su uso, de calentar el agua del tender, cuya temperatura, segun hemos visto, no puede exceder de 40° á las presiones ordinarias para el buen régimen del aparato. Sin embargo, algunos grados adquiere al pasar por la chi-

menea, y esta calefaccion es constante y uniforme, miéntras que la producida por los tubos calentadores en el tender no lo es, pues que se pierde en las aguadas. Por supuesto que el empleo de los calentadores no queda suprimido en absoluto, siempre que no se exceda del límite de temperatura señalado.

Pero áun suponiendo que se haga uso exclusivamente de agua fria, no es éste obstáculo que rechace la adopcion del Giffard, si se emplea la alimentacion intermitente; pues en las paradas, aunque se procure adormecer el fuego, siempre se eleva la presion, y la alimentacion en estas condiciones es ménos inconveniente. Todo está, pues, en llegar á ellas con el nivel en la caldera un poco bajo, y alimentar allí, sin perjuicio de hacerlo en marcha si necesario fuese.

CAPÍTULO IV.

APARATO MOTOR.

ARTÍCULO PRIMERO.

RECEPTORES.

117. Cilindros y cajas de distribucion.—El objeto y principales partes de que consta el cilindro, queda ya explicado en el número **11**: en los siguientes completarémos las ideas sobre este órgano importante de la máquina, y sobre las cajas de distribucion, que son elementos integrantes cuyo estudio debe ir unido al de aquél.

118. Cilindros.—El interior de los cilindros es de la forma que su nombre indica, de seccion circular, superficie perfectamente torneada, sin rugosidades ni partes salientes,

para que el émbolo pueda resbalar fácilmente: al exterior se le une la caja de distribucion, resultándole formas complicadas que obligan á construir ambas piezas en una sola, de fundicion de hierro. Está cerrado en sus extremos con dos tapas *A* y *B* (figura 1, lámina 1), de las cuales la posterior *A* puede hacerse fija ó móvil, pero la anterior *B* es siempre movible, porque se utiliza para la introduccion del émbolo, y es la que dá más facilidad para las visitas y reparaciones del interior una vez montada la máquina: ambas tienen un pequeño reborde que entra á rozamiento suave en el cilindro, y se aseguran á éste con pernos nacidos de él (figura 2, lámina 7), interponiendo una capa de estopa y mínio en las superficies planas de contacto.

La tapa posterior puede colocarse de dos distintos modos: por el exterior, como la delantera (*A B*, figura 7, lámina 7), con objeto de poderla separar sin desmontar el cilindro; ó interiormente (*A B*, figura 9; *T*, figura 10).

La longitud del cilindro es igual á la carrera del émbolo, aumentada con el espesor de éste y con una pequeña holgura que hemos llamado espacio nocivo: en él vienen á desembocar las dos lumbreras, cuya forma es la de un rectángulo curvilíneo, siendo los lados mayores secciones circulares del cilindro, y los menores partes de generatriz.

Para dar paso á la barra de émbolo, tiene un orificio *a* (figura 11, lámina 34), provisto de un *casquillo* de bronce *b*, con objeto de que los rozamientos produzcan menor desgaste: aunque el orificio *a* tiene el diámetro extrictamente preciso para el paso del vástago, habria escapes de vapor por muy bien pulimentadas y ajustadas que estuvieran las piezas, accidente que se agravaría con el tiempo por las holguras originadas por el rozamiento. Para evitarlo, lleva la tapa un cilindro *R*, fundido con ella, en cuyo interior *c*, rodeando la barra del émbolo, se pone estopa ú otra materia elástica, que uniéndosele bien impida todo escape de vapor:

el cilindro *R* es llamado por esta razon *caja de estopas*; y con objeto de que el vapor que tiende á salir por entre el casquillo y vástago no las expulse, se sujetan con el *prensa-estopas C*, pieza cilíndrica hueca que dá paso á la barra, con un casquillo *d* y dos orejas *A* atravesadas por los pernos *m*, fijos al cilindro *R*, y sujetas con las tuercas *n*.

Los prensa-estopas son de fundicion, y tienen una cavidad superior, con su tapadera, llamada aceitero, porque en efecto se llena de aceite, que por medio de una pequeña torcida que desciende hasta la barra de émbolo, haciendo de sifon, la lubrifica.

119. Posicion de los cilindros.—Sitúanse los cilindros en la parte delantera de la máquina: se les llama *interiores*, cuando van colocados debajo de la caja de humo en el interior del bastidor (figuras 1, 5 y 6, lámina 7), y *exteriores*, cuando lo son á los largueros del mismo (figuras 3 y 4, y figura 2, lámina 25). Deben formar cuerpo con la caldera; pero como de suspenderse directamente á ella la fatigarian notablemente, se unen al bastidor, como lo está tambien el generador por la caja de humo, y por el intermedio de éste se verifica la solidaridad deseada. Al efecto, se funden con los cilindros unas garras *I* (figura 4, lámina 7), completando la union con el número de pernos necesarios. Así lo indican tambien las figuras 5 y 6, y la 2 de la lámina 25.

120. Dimensiones.—El diámetro de los cilindros depende de la naturaleza del servicio que la máquina ha de prestar: á igualdad de las demás condiciones, el esfuerzo de traccion ejercido por el émbolo es proporcional á su área, es decir, al cuadrado del diámetro del cilindro; así es que las máquinas de mercancías de gran potencia se distinguen, entre otras cosas, por las dimensiones de la seccion trasversal de aquél. Generalmente el diámetro varía entre $0^m,4$ y $0^m,5$ y la longitud entre $0^m,550$ y $0^m,600$.

El espesor del cuerpo cilíndrico debe resistir á la presion

del vapor, que aunque menor que la reinante en la caldera, es, sin embargo, una fraccion respetable de ella: á la dimension que por este concepto le corresponde, siempre mayor que la del generador por la diferencia de material, se le dá un pequeño exceso para hacer posible el torneado del interior, dos ó tres veces, cuando se ovalice por la desigual accion del rozamiento del émbolo.

Las dos tapas deben sujetarse, en cuanto al espesor, á la condicion de resistencia ántes enunciada; pero en ambas, ó en una de ellas cuando ménos, se disminuye prudencialmente, para que si el cilindro estalla por un aumento extraordinario de presion interior, lo haga por este sitio y quede preservado el cuerpo principal.

El área de cada lumbrera es próximamente igual á la de la seccion del tubo conductor del vapor; la longitud de los lados menores es $\frac{1}{5}$ de la de los mayores.

121. Cajas de distribucion.—El caso más general es que cada cilindro tenga su caja de distribucion correspondiente; pero cuando son interiores y muy próximos, las dos se reducen á una comun á ambas. En todos casos se funden con el cilindro á que pertenecen, y tienen la forma de un paralelepípedo recto (figura 3, lámina 7): la cara *m e* más próxima al cilindro, es la llamada *tabla de las lumbreras.* (Véase tambien *s e*, figura 4.) Hay dos, *A* y *B* (figura 8), que comunican con el interior de aquél, y la de en medio *E*, lo verifica con el tubo de escape. Cuando hay una sola caja de distribucion, *A B C D* (figura 1), se divide en dos mitades, cada una de las cuales está fundida con un cilindro, uniéndose las fracciones con pernos *a b*: si las cajas van separadas (figura 3), la cara *n s*, paralela á la tabla de las lumbreras, es postiza y se sujeta con pernos, pero el techo y fondo son fundidos con el cilindro. Al techo va á parar el tubo conductor de vapor *a*, uniéndose con bridas al trozo fundido *b*; y correspondiendo con la lumbrera de escape, nace otro

pequeño tubo *c*, que empalma con el de este nombre. Las tapas son semejantes á las del cilindro, y se aseguran del mismo modo: tienen cajas de estopa para la salida de la varilla del distribuidor (figura 1, lámina 1). Al pié de la tabla de las lumbreras se coloca una reglilla *m* (figura 1, lámina 7), que sirve de guia al distribuidor en su movimiento rectilíneo: otras veces la reglilla se sustituye con un resalto *e* de la caja (figura 3).

La figura 4 presenta la perspectiva de un cilindro exterior con caja de distribucion interior, suponiendo levantada la tapa, techo, parte de cara paralela á la tabla de las lumbreras, y una de las paredes de la extrema anterior.

G	cilindro.
I, I'	piezas de union con el bastidor *h h'* por medio de los pernos *z*.
u x t v	lumbrera anterior del cilindro.
s a c r	id. correspondiente de la caja de distribucion.
a e	tabla de las lumbreras.
a b d c	lumbrera de escape. Se forma una cavidad *m u d c n* coronada por el tubo de escape *f g*.
L'	lumbrera posterior de la caja de distribucion.
L'_1	lumbrera correspondiente del cilindro.
K	distribuidor.
o p	parte del marco, y varilla.
A B C D	cara paralela á la tabla de las lumbreras.

Por *D C* pasaria el techo de la caja, comprendiendo una parte del tubo de escape *f g*.

122. Dimensiones.—Las cajas de distribucion deben ser de dimensiones suficientemente grandes para que el distribuidor no obture el paso del vapor: la seccion de las lumbreras es próximamente igual á la de los tubos conductores que desembocan en la caja; es decir, $\frac{1}{10}$ del área del émbolo. Los conductos que comunican las lumbreras de la caja con sus

correspondientes del cilindro, han de ser en lo posible de pequeña longitud, pues de lo contrario se origina:

1.° Aumento de rozamiento en el vapor y pérdida de presion en el cilindro.

2.° Rozamientos análogos en el vapor de escape, que crean contrapresiones en el émbolo.

3.° Cámaras de vapor, que aumentan el espacio nocivo.

123. Posicion de las cajas de distribucion.—Las cajas de distribucion toman posiciones diversas, ya con relacion á los cilindros, ó bien con respecto á los largueros del bastidor. Considerando la primera dependencia, las cajas pueden ser verticales, ó inclinadas, superiores ó inferiores; por la segunda, son interiores ó exteriores.

La situacion que con referencia al bastidor ocupan los cilindros y cajas de distribucion y la relativa de estos últimos, constituyen uno de los caractéres distintivos de las máquinas. Presentarémos tipos de las clasificaciones adoptadas, dejando para otro lugar número **288** la discusion, con más copia de datos, de las ventajas é inconvenientes de cada sistema.

1.° CILINDROS INTERIORES Y DISTRIBUCION INTERIOR.—*Primer tipo.*— Figura 1, lamina 7, corte trasversal por el tubo de escape, y figura 2, perspectiva segunda.

Hay una sola caja de distribucion vertical *A B C D*, formada por dos mitades unidas a los cilindros.

a' b'	lumbrera del cilindro.	(Figura 2.)
h'	id. de la caja de distribucion. . .	
H	embolo.	
c d y *m n'*	lumbreras de escape.	
h'	tubo de id.	
T	tubo conductor del vapor.	
s	uniones con el bastidor.	
H'	bastidor.	
e e	distribuidores.	

Segundo tipo.—La caja de distribucion comun es poco espaciosa y las reparaciones de su interior se hacen difíciles: para darla mayor ensanche se sitúa por la parte inferior de los cilindros (figura 5, seccion por el tubo de escape).

m n, *n t* semitapas horizontales de la caja de distribucion, unidas con pernos *r*.

a b tabla de las lumbreras.

e distribuidor.

E tubo de escape.

A bastidor.

S apoyos de la caldera situados detrás del plano de la seccion.

2.° CILINDROS INTERIORES Y DISTRIBUCION EXTERIOR.—Se hace más fácilmente visitable en este grupo todo el organismo de la distribucion (figura 6).

3.° CILINDROS EXTERIORES Y DISTRIBUCION INTERIOR.—(Figuras 3 y 4, ya descritas.) Hay una caja de distribucion para cada cilindro. Los conductos de las lumbreras resultan excesivamente largos, con todos los inconvenientes ya enumerados.

4.° CILINDROS EXTERIORES: DISTRIBUCION EXTERIOR.—Las cajas de distribucion pueden ser verticales, laterales exteriores á los cilindros; pero entónces aumenta considerablemente la anchura de la máquina: es más comun el que vayan por la parte superior (figura 2, lámina 25).

124. Accesorios del cilindro.—Para dar salida al agua que proviene de la condensacion del vapor, tienen los cilindros en sus extremos dos grifos *A'* y *B'* (figura 10, lámina 7), que pueden maniobrarse por el maquinista desde su plataforma, del siguiente modo. Las llaves de los grifos se articulan á una varilla *c b*, que lo está á su vez en *a* al codo *d o a*, giratorio en *o*: por el intermedio de la varilla *d e* y el codo *o'*, la *h k*, que va á parar á la plataforma, mueve el todo; en sentido de la flecha los grifos se abren, y en direccion con-

traria se cierran. La varilla *h k* de maniobra está marcada con la letra c_1 en la lámina 2.

Las cajas de distribucion tienen un solo grifo, miéntras que los cilindros necesitan dos, pues que su capacidad interior está dividida siempre en este número de partes por el émbolo.

Todos los grifos se maniobran con la misma varilla, para cuyo fin la *a b* (figura 10, lámina 7), comunica su movimiento á sus análogas por medio de pequeñas barras trasversales (láminas 23 y 25).

125. Aceiteros.—En todas las piezas sujetas á rozamientos es de todo punto indispensable la lubrificacion, no tan sólo por cuestion de conservacion del material, sino tambien para hacer menor las resistencias pasivas que de aquí nacen y absorben una buena parte de la fuerza motriz. El émbolo y distribuidor están en este caso: el primero ejerce rozamientos en el interior del cilindro, y el segundo en la tabla de las lumbreras.

Cuando las superficies que hay que lubrificar están fuera de las cámaras de vapor, como sucede en las paralelas, barras de émbolo, varillas del distribuidor, cajas de grasa, etc., los aceiteros tienen la forma (figura 15, lámina 7) de una taza, en cuyo interior se prolonga el tubo *b* conductor; resultando así un anillo *a* que se llena de aceite y pasa á las caras de rozamiento por medio de una pequeña torcida contenida en *a b*, que hace las veces de sifon; pero en los cilindros y cajas de distribucion, los aceiteros deben estar organizados de otra manera distinta si se quiere evitar los escapes de vapor que accidentalmente pudieran ocurrir, por más que se tiene buen cuidado de no engrasar sino cuando el regulador está cerrado. Las figuras 12 y 13 representan los tipos más comunes de esta segunda clase: están formados con un doble vaso de dos llaves *a* y *b*: cerradas ambas, se vierte el líquido lubrificante en el primero; ábrese despues

la llave superior *a* y cae en el vaso *c*; y cerrandola *a* y abriendo la *b*, pasa á su destino sin peligro de escape incidental alguno de vapor.

126. Colocacion.—Si los cilindros son interiores, los aceiteros van colocados generalmente en las caras laterales de la caja de humos (c_2, lámina 2), aunque tambien suelen situarse en las tapas (*m*, figura 9, lámina 7). Queda así engrasada primeramente la superficie interior cilíndrica, y al penetrar el vapor arrastra partículas de aceite que lubrifican la tabla de las lumbreras: basta, pues, un solo aceitero por cilindro y caja de distribucion.

En el caso de cilindros exteriores y cajas de distribucion superpuestas (lámina 23), éstas son las que llevan el aceitero *C'*, y el engrase se efectúa en órden inverso al explicado anteriormente.

Por último, otras veces se destina un aceitero especial para cada cámara (*A* y *B*, figura 6, lámina 7; y A_1, figura 10).

127. Camisa.—No se exponen al aire ambiente las paredes del cilindro y caja, porque es preciso prevenir los enfriamientos de vapor y condensaciones consiguientes, que causarian gasto inútil y harian que la máquina escupiese, sino que se preservan con chapas de palastro *e f*, *c d* formando camisa (figura 9), sostenida en los aros fundidos *h h'*. Igual disposicion se observa en las figuras 7 y 10: claro está que la preservacion es más necesaria en los cilindros exteriores que en los interiores, pues estos últimos toman calor de la caja de humo y están más abrigados por el bastidor. Se consigue el mismo resultado en las tapas, generalmente en la delantera, labrando molduras *o* (figura 9), que se cubren con una chapa.

ARTÍCULO SEGUNDO.

TRASMISION DE MOVIMIENTO.

128. Émbolo.—El émbolo ó piston consta de *cuerpo*, *segmentos* ó *aros* y *barra* ó *vástago*.

El cuerpo *A B C D* (figura 14, lámina 7), lo constituye un disco de fundicion ó hierro forjado, cuyo diámetro es un poco menor que el interior del cilindro, con molduras ó huecos en las bases para aligerarlo de peso, dentro de los límites de resistencia: no es conveniente, en efecto, para la conservacion de la máquina, que las piezas animadas de gran velocidad, como sucede al émbolo, sean de peso excesivo; además, que de verificarse esto último, la barra tendria que ser más gruesa de lo que la necesidad de su servicio exige.

Mejor aún que la fundicion es el hierro forjado para el cuerpo del émbolo: no es obstáculo para la fabricacion el volúmen y espesor de esta pieza, porque la potencia, cada vez creciente, de los martillos pilones empleados en los talleres, permite fácilmente el forjado en las condiciones más exigentes, es decir, comunicando á toda la masa sometida á la operacion la contextura fibrosa que se desea.

En el émbolo sueco (figuras 18 y 19, lámina 7), el cuerpo se compone del disco *M*, con la superficie cilíndrica *N* para alojar los aros *E*, cuyos extremos se unen del modo indicado en *F*: el cubo *C*, fundido con el disco, nace de su fondo, formando el espacio anular *H*.

Tambien puede ser el cuerpo de dos piezas ó discos forjados, *m n*, *m' n'* (figuras 7 y 10), con un hueco central para aligerarlo. Las caras *r* pertenecen al disco posterior.

129. Dimensiones.—El espesor depende del metal adoptado, de la presion normal de trabajo, y del diámetro del cilindro. La cifra asignada por estas importantes condiciones,

deberá aumentarse, tal vez, para satisfacer á otras que no lo son ménos. Es necesario que la superficie de contacto del émbolo con el cilindro, dada por el espesor del primero, sea suficiente para que én sus rápidos movimientos rectilíneos no cabecée, pues de ser así, los rozamientos desiguales y las presiones oblícuas que se originarian producirian desgastes poco uniformes y aún podrian acarrear la fractura del cilindro y vástago: recuérdese, además, que hay necesidad de alojar los aros. Teniendo en cuenta todas las razones expuestas, se calcula en $\frac{1}{4}$ del diámetro el espesor más conveniente del cuerpo.

En la superficie cilíndrica del cuerpo de émbolo, se labran dos gargantas para la colocacion de aros metálicos, que prensando el interior del cilindro efectúan la obturacion.

Antiguamente los aros se componian de varios trozos que se adaptaban á la superficie cilíndrica interior con cuñas ó resortes, y de aquí el nombre de *segmentos* que aún conservan. Pero hoy son de una sola pieza, partidos en un punto para que ejerzan con su elasticidad la presion conveniente. Con objeto de que la obturacion sea más completa, las divisiones de los aros no se corresponden; de modo que uno de ellos intercepta el paso al vapor que penetra por la solucion de continuidad del otro.

Los aros deben ser de metal muy homogéneo y construirse con cuidadoso esmero, para que poseyendo suficiente flexibilidad, puedan adaptarse á las paredes interiores del cilindro sin que resulte desigualdad de rozamientos.

En las figuras 7, 9 y 10, están dibujadas las gargantas: en la 14, los aros *m* y *n* ocupan su puesto.

Empléase comunmente para los aros la fundicion de acero, ó la de hierro con 4 por 100 de estaño.

La barra de émbolo ha de ser perfectamente cilíndrica, excepto en sus extremos, puntos de union con el émbolo y

biela motriz. Generalmente es de hierro, pero debe preferirse el acero por su mayor resistencia á la traccion y porque toma y conserva mejor un bonito pulimento.

En la carrera directa la barra de émbolo está sujeta á extensiones, y á tracciones en la de retroceso: su seccion debe proporcionarse á estos esfueros.

En algunas máquinas de mercancías, de émbolos muy pesados, para guiarlos mejor se prolonga su barra por la parte interior, atravesando la tapa, de este lado, del cilindro por la correspondiente estopera (figura 7, y figura 3, lámina 9).

La union de la barra con el cuerpo de émbolo ha de ser muy sólida, para que permanezca invariable en los opuestos esfuerzos de traccion y presion que tienden á dislocarla.

En el émbolo sueco (figura 18, lámina 7), la barra *A* tiene un sobreespesor cónico *B* en su extremo, que se introduce en el cubo *C* del cuerpo, asegurándole con la claveta ó llave *D*.

Otras veces (figura 10), la parte cónica de enchufe *s* termina en un pequeño cilindro roscado que recibe la tuerca de sujecion *t*.

La figura 9 indica otra disposicion tambien frecuente. La espiga de la barra, de forma cilíndrica, y con más frecuencia ligeramente cónica, está provista de filetes de gran paso, atornillándose al cuerpo *a b* en caliente, á 300°, con poderosas palancas.

Las molduras de las caras del émbolo, juntamente con el resalto que forman las tuercas de sujecion de las barras ó espigas de ensambladura, determinan la forma interior de las tapas del cilindro, como puede verse en las figuras 7, 9 y 10, dejando siempre la holgura necesaria á los puntos muertos. La forma curvilínea de las tapas facilita la colocacion de sus camisas.

130. Paralelas.—El extremo posterior de la barra de ém-

bolo *D*, se articula al anterior de la biela motriz *C* (figura 10, lámina 7). Supongamos que se marcha adelante: si el codo ó cigüeña del eje motor está en la posicion *M* (figura 16, lámina 15), el émbolo caminará en la direccion de la flecha 1, trasmitiendo su esfuerzo segun la flecha *a*; y la resistencia, que será de sentido opuesto á ésta, dará una resultante, flecha 2, que tiende á elevar el estremo *K*, flecha 3: cuando el codo se halle en *M'*, el émbolo seguirá la direccion 4, y la resistencia al movimiento, de sentido contrario al de la biela, compuesta con 4, tendrá por resultante la 6, dando por resultado tambien la elevacion de *K*. Si la marcha fuera retrógrada, es fácil ver que el punto *K* desciende (figura 2, lámina 16). Resumiendo: en una embolada completa, el extremo del vástago se eleva ó baja segun que la marcha sea directa ó inversa. Es preciso guiarlo á toda costa, para que tenga movimiento rectilíneo, y esto se consigue uniéndole á un taco ó corredera *A* (figura 10, lámina 7), que resbale entre las guias paralelas *B*, llamadas por este último nombre entre los prácticos. A la corredera se articula el extremo anterior de la biela.

Las paralelas sufren las presiones señaladas por las flechas 3 y 6 de las figuras 16, lámina 15, que son considerables, pudiendo llegar á 1000 kilógramos, 1500, y á veces más, segun las dimensiones de los órganos de la máquina, y tension del vapor, originando rozamientos enérgicos del taco con las superficies de resbaladura: concíbese además que á todo trance deben prevenirse las holguras entre ámbos, para evitar que los esfuerzos de presion se conviertan en choques perjudiciales á la conservacion de esta parte de la máquina y á la marcha rectilínea regular del émbolo, cuya necesidad se ha dejado ya indicada. Se deduce de todo esto, que el metal de las paralelas ha de ser duro y resistente: el acero llena cumplidamente ambas condiciones y es el preferido para el caso: en su defecto se hace uso del hierro ace-

rado, con la precaucion de guarnecer, las superficies interiores, de planchas de acero *a b*, *c d* (lámina 7, figura 16), aseguradas con tornillos de cabeza embutida en su espesor.

La seccion trasversal es rectangular, de base proporcionada á la presion que ha de soportar: la longitudinal es de forma de sólido de igual resistencia.

Las superficies de rozamiento se lubrifican con aceiteros situados unas veces en la paralela superior (figura 16), en cuyo caso la inferior recibe las gotas desprendidas de aquella, y otras veces en el mismo taco (*b*, *c*, figura 17, lámina 7).

El número y colocacion de las paralelas varía con la situacion de los cilindros al exterior ó interior del bastidor. Examinarémos separadamente cada caso.

Si los cilindros son exteriores hay solamente dos paralelas por cada uno, asegurándose por un lado á la caja de estopas del cilindro, y por el otro á una pieza de hierro, apéndice lateral del bastidor (figura 3, lámina 9; láminas 23 y 31; *c* figura 4, lámina 25). Cuando la biela motriz es de una sola barra *A* (figura 3, lámina 9), la pieza *B* tiene una abertura para permitir su paso en toda la amplitud de las oscilaciones. La figura 20, lámina 7, dá la proyeccion vertical: en *D* está la union con el bastidor; la parte superior *E* sirve de apoyo á la plataforma lateral; *B* es el orificio para el paso de la biela motriz, y *C* un claro reservado al movimiento de las bielas de acoplamiento, más próximas generalmente al bastidor que aquella.

Las paralelas se unen al soporte (véase tambien la figura 17), por sus extremos *P*, que se apoyan en las consolas *r s*, *r' s'*, asegurándose con los pernos *m n*: entre las paralelas *P*, *P'* y las consolas, se intercalan pequeñas láminas de metal, cuyo objeto es poder disminuir á voluntad, adelgazándolas ó suprimiéndolas, la separacion de las paralelas, cuando el desgaste de éstas y del taco lo exijan, para evitar holguras. En su extremo anterior (figura 3, lámina 9), se fi-

jan á la caja de estopas del cilindro por medios idénticos: en todos casos, el plano vertical medio longitudinal ha de contener el eje del cilindro, y su direccion ha de ser paralela á éste. Si la biela motriz es de horquilla, el apoyo posterior es lleno, de la forma que manifiesta la figura 21; las ramas de la horquilla abrazan el cuerpo de apoyo y deben tener, por lo tanto, longitud algo superior á la carrera del émbolo.

En el caso de cilindros interiores, las paralelas se apoyan en los cilindros y en el primer puentecillo. Pueden asignarse dos ó cuatro paralelas para cada émbolo: la disposicion primera es idéntica á la que se acaba de describir; la segunda está puesta de manifiesto en la figura 1, lámina 14. A cada dos paralelas $C\ C'$, $E\ E'$, corresponde un taco $N\ M$, y entre los dos respectivos se articulan el extremo del vástago y la cabeza de la biela motriz, en la forma que más adelante se describe. En su extremo anterior, las paralelas se sujetan á las orejas A y B de la caja de estopas del cilindro, y por el posterior (figura 12, lámina 5), á los talones u de las piezas L fijadas al puentecillo. A' es la abertura que dá paso á la biela motriz, y S la que presta igual servicio á las barras de los órganos de distribucion.

El sistema de cuatro paralelas y dos tacos ó resbaladeras por cilindro, guía mejor, pero ocupa mucho espacio; por esta razon no se aplica á las máquinas de cilindros exteriores.

La longitud de las paralelas depende de la carrera del émbolo, y ha de ser algo mayor que la longitud del cilindro. Su distancia ó separacion, cuando hay dos, ha de ser suficiente para permitir las posiciones extremas de biela C, C' (figura 10, lámina 7); y este resultado puede obtenerse, sin embargo, con menor altura, doblando los extremos como indica la figura. Cuando para cada cilindro hay cuatro, la separacion de cada par puede reducirse, porque entre los dos tacos se deja el suficiente espacio para la libertad de movimientos de la biela motriz.

131. Taco ó resbaladera.—Su disposicion varía esencialmente con el número de paralelas por cilindro.

Primer caso. Dos paralelas.—El taco consta de tres partes (figura 1, lámina 9): el cuerpo *C* y las cabezas *D*, que tienen la forma marcada por la perspectiva *X*, para abrazar las paralelas, uniéndose al primero con un tornillo ó claveta de cabeza oculta en las superficies planas *h*, que han de labrarse cuidadosamente, ó con resaltos ó espigas *a*. Las cabezas son de fundicion, algunas veces endurecida con 4 por 100 de estaño; es así el rozamiento más suave que si fuesen de acero, metal empleado en las superficies interiores de las guias.

La barra de émbolo, antes de empalmarse con el taco, tiene que introducirse en el cilindro, levantando la tapa anterior, y pasar por la caja de estopas de la posterior: la union, que ha de ser sólida (número **129**), no puede hacerse, pues, por soldadura. En algunas máquinas se atornilla el vástago al taco; pero es más comun la disposicion indicada en la figura: la barra *E* termina en la parte cónica *M* que se introduce en el cilindro *H*, unas veces postizo y otras fundido con el cuerpo *C*, afirmándose el empalme con la llave *H*.

De igual modo está dispuesta la union en las figuras 2 y 3, y figura 17, lámina 7. Los aceiteros *m* de las cabezas, hacen el engrase de las paralelas.

La forma del cuerpo depende de la que tiene la biela motriz: si ésta es recta ó de una barra única, aquél lleva dos gualderas *C* (figuras 1 y 4), ú orejas *O* (figura 3), entre las que se aloja la cabeza de la biela, articulándose con un eje pasador. Esta es la disposicion que señala la figura 17, lámina 7, correspondiente á las máquinas de mercancías de seis ruedas acopladas, y cilindros exteriores, de la línea de Madrid, Zaragoza y Alicante.

G barra de émbolo.
F cilindro de empalme con el taco.
a llave de id.
C y *D* cabezas del taco.
b y *c* aceiteros.
E cuerpo.
M orejas.
N cabeza de la biela motriz.
H eje pasador.

Si el cuerpo *C* es macizo, de alguna magnitud (*Y*, figura 1, lámina 9), recibe la barra de émbolo, y en él se coloca la llave *r*, añadiéndole las muñoneras *A* para la articulacion de la biela.

Cuando la biela es de horquilla (figura 2), abraza al cuerpo *C*, que es entónces macizo, uniéndosele por medio del pasador *O*: otras veces (figura 5), el pasador es sustituido por muñones del cuerpo.

Segundo caso. CUATRO PARALELAS.—Los dos tacos *A* y *B* (figura 4), se ligan con el pasador *O*, eje de la articulacion del vástago y biela indicada con detalles en las figuras 6 y 7. La barra de émbolo *E* se enchufa en la horquilla *A H B*, cuyas ramas sirven de muñoneras *O* al pasador abrazado por el cojinete de la cabeza de biela *L*. (Proyeccion horizontal del conjunto dibujado en la figura 6.)

Cualquiera que sea el sistema, las resbaladeras han de estar bien centradas, sin holguras, con el eje-pasador situado en el centro del cuerpo para que las presiones trasmitidas por la biela se repartan igualmente en todos los puntos de la paralela, y que no pueda cabecear nunca la barra de émbolo, porque se producirian desgastes desiguales en ella, en el émbolo y cilindro, y finalmente, en la caja de estopas, cuyos casquillos se ovalizarian.

Examinando este conjunto de condiciones, si se comparan los sistemas precedentes se encontrará notable ventaja

en el de Sharp, de cuatro paralelas. Siendo los tacos de menor altura, están ménos sujetos á cabecear, y tambien los esfuerzos oblícuos de traccion comunicados por la biela obran con menor brazo de palanca.

132. Biela motriz.—Sirve para trasmitir á uno de los ejes del vehículo, llamado *motor* por esta razon, el movimiento impreso al émbolo por el vapor: su extremo anterior se articula al taco; el posterior al codo ó muñequilla del eje: su longitud *B* (figura 16, lámina 15) ha de ser, por lo ménos, cinco veces mayor que la de la manivela *O M*, para que la componente (flechas 3 y 6) de la reaccion, no sea demasiado fuerte, así como las presiones y rozamientos en la paralela, que son su consecuencia.

Las bielas se componen (figura 10, lámina 7), de cuerpo *C*, y dos cabezas *A* y *O*, llamadas respectivamente *pequeña* y *grande*, por sus dimensiones. El cuerpo es de seccion rectangular, de lado mayor contenido en los planos verticales laterales, para la mayor resistencia, pues está en el caso de una pieza apoyada en sus extremos, sujeta además á esfuerzos de presion y extension en sentido de su longitud. La altura del rectángulo seccion va aumentando de *A* á *O*, porque la amplitud de las oscilaciones en este último punto tiende á flexar el cuerpo, y combinado este movimiento accidental con los esfuerzos, segun su longitud, provocarian la fractura.

Las aristas vivas del cuerpo de biela están achaflanadas: siendo el espesor de éste menor que el de las cabezas, se verifica la union de las caras laterales de ámbos con superficies curvas.

Las cabezas de biela se componen de tres partes: *marco*, *cojinete* y *llaves*.

El marco *A B C D* (figuras 11, 12 y 14, lámina 9), es de hierro forjado, como el resto de la biela, con un hueco central (figura 17), para el alojamiento del cojinete *m n* (figu-

ra 11), que abraza á la manivela. El cojinete es de bronce; consta de dos mitades *m n*, de mayor espesor que el marco, al que se aseguran por una canal ó garganta de su perímetro (figuras 10 y 12); aunque la cara lateral derecha del semicojinete de este lado *n* no apoya en el marco, lleva la canal citada para guiar á la llave ó claveta *L* (figura 11), y con el mismo objeto existe una ranura en el grueso de la cara *b c* de aquél.

Los semicojinetes tienen en el punto de union *r* (figuras 16 y 14), un taladro que termina en ranuras semicilíndricas practicadas en su cara interior, llamadas *patas de araña:* por ellas se distribuye el aceite del engrasador *S* fijo al marco, lubrificando las superficies de rozamiento con la manivela. La llave *L*, en forma de cuña, evita las holguras aproximando el semicojinete *n* al *m*.

Los pasadores *p* (figura 11), impiden que las llaves se salgan de su sitio, pero no que se aflojen, como sucede frecuentemente, á cuyo resultado contribuye la lubrificacion constante de que gozan por el aceite desprendido de los engrasadores de los cojinetes: se evita con disposiciones várias que se detallarán al describir los distintos tipos de cabezas de biela: por de pronto indicarémos la representada en las figuras 10, 11, 12, 14, 16 y 17. Justapuesta á la llave, y comprendida entre el marco y cojinete, va una pequeña platina rectangular *a b* (figura 11), que tiene una ranura vertical: la chaveta *c*, llamada *freno*, por el papel que desempeña, liga la llave, que es móvil en sentido de su longitud, con la platina *a b*, fija á la cabeza de biela, por medio de un pequeño perno que atraviesa la ranura vertical de aquella y la *d* (figura 16) de la llave.

Las cabezas de todas las bielas están organizadas de un modo análogo; por esta razon, aunque estábamos ocupándonos de las motrices, se ha hecho uso de las figuras anteriores que representan las de acoplamiento de máquinas mixtas de

la línea de Madrid, Zaragoza y Alicante. Las figuras 12 y 14 son cortes trasversales, horizontal y vertical, respectivamente; la 16 detalla la seccion vertical media; la 17, proyeccion vertical sin cojinetes, y las 10, perspectivas de éstos.

133. Cabezas pequeñas de biela motriz.—Su forma más sencilla es la representada en la figura 15: una parte anular *c* con anillo interior de bronce *a*, de una sola pieza, que se releva cuando está muy desgastada. Pero generalmente son de forma análoga á las ya descritas. Las figuras 8 y 9 dan la vista y corte de las cabezas pequeñas de biela motriz correspondientes á las máquinas mixtas de Madrid, Zaragoza y Alicante: *o* es el eje pasador que une las dos resbaladeras; *a* el cojinete; *d* el aceitero: el acuñado se hace con una primera llave *h*, y otra *n* de la forma indicada en la figura 13, con dos rebordes ó tacones *m* y *m'*, que le dan el nombre de *llave de tacon*, disposicion muy general. La figura 6 dá la proyeccion horizontal de la cabeza de biela en su union con la resbaladera. Todos los tipos que más adelante se describen en las bielas de acoplamiento, se emplean en las cabezas pequeñas de las motrices.

Cabezas grandes de biela motriz.—Si los cilindros son interiores, la cabeza de biela tiene que abrazar el codo ó cigüeña, y esto no puede hacerse cuando el marco es de una sola pieza. Variadas son las disposiciones adoptadas en este caso; señalarémos las más comunes:

1.° Máquinas mixtas de Madrid, Zaragoza y Alicante (figura 18). El marco consta de dos piezas *H* y *M*, que se empalman con los cortes oblícuos *z* y las llaves *D*, de tacon, y *C*, ordinaria, sujetas con el freno *m n r* y pernos *P*. El cojinete se sujeta con las llaves *A* y *B*: la primera, que es de tacon, se termina inferiormente en un codo *A*, con anillo roscado *b*; la segunda acaba en varilla con filetes, que penetra en la tuerca *b*; las *c* hacen mover la llave *B*, y gradúan la presion.

2.° Las figuras 19, 20, 21 y 22, representan tipos de la misma clase, que no describimos porque la inspeccion del dibujo basta para su inteligencia.

Cuando los cilindros son exteriores, la biela motriz se une á la rueda de este nombre abrazando un boton ó muñequilla, entre dos rayos (lámina 23), y no hay dificultad en que el marco sea de una pieza; pues para colocar aquella en su lugar no hay más que separar los semicojinetes, quitando las llaves, introducir el boton, y apretarlos despues con éstas. Se aplica, sin embargo, en estos casos, algunas veces, las disposiciones anteriormente descritas.

Las figuras 6, lámina 30, describen las bielas motrices de las máquinas de mercancías de ocho ruedas de la línea del Norte.

Tambien se emplean para las cabezas grandes de biela motriz los tipos de las de acoplamiento que en el número siguiente se explican.

Las barras de biela motriz pueden ser rectas, es decir, de una rama, y de horquilla, ó de dos ramas, en la parte de union con el taco. La horquilla puede ser corta (figura 2, lámina 9), ó larga (figura 29): estas últimas tienen el defecto de efectuar, muy frecuentemente, trabajo desigual en las dos ramas, resultando tracciones y presiones oblícuas en todas las piezas que guian el vástago del émbolo.

134. Bielas de acoplamiento.—Se dice que dos ruedas, no pertenecientes á un mismo eje, están acopladas, cuando los movimientos de cualquiera de ellas dependen inmediatamente de los de la otra. Esto se consigue uniéndolas con bielas de dos cabezas (figura de la lámina 2), que se alojan en botones ó muñequillas de las ruedas.

La primera circunstancia, pues, para que dos ruedas estén acopladas, es que tengan igual rádio; y la longitud de las bielas de acoplamiento será igual á la separacion de los ejes acoplados.

La organizacion ó composicion de las cabezas, es, con poca variacion, la misma que la de las bielas motrices.

Ya hemos descrito el tipo de Madrid, Zaragoza y Alicante; á continuacion se exponen otros muy comunes:

1.° Figura 23, lámina 9.—Máquinas inglesas: una sola llave para el aprieto; como freno, dos tornillos *a* que la sujetan.

2.° Figura 24.—*(Alar del Rey á Santander.)*—El tornillo *b* obliga á la cuña *a* á hacer ó deshacer el aprieto.

3.° Figura 25.—Igual sistema, pero con llave exterior *a b*.

4.° Figura 26.—El aprieto se hace con una llave ordinaria *a* y otra de tacon *b*.

Cuando sólo hay dos ejes acoplados, cada biela se compone de una barra y dos cabezas; y como su distancia y paralelismo deben ser invariables, si la biela de un lado tiene la acuñacion dispuesta de modo que se disminuya la separacion de los ejes, la del otro lado ha de poder, por el contrario, aumentarla.

Las muñequillas de uno y otro lado están á ángulo recto, para evitar la coincidencia de puntos muertos.

Si son más de dos los ejes que hay que acoplar, podrian hacerse bielas de una sola barra y tres ó más cojinetes; pero entónces, á la dificultad de forjar piezas tan largas, se agregaria el defecto de rigidez del todo (figura 28): no existiria el paralelismo necesario entre la barra *a* y el suelo *A B*, que se deforma con el peso, y aquella se desconyuntaria: se remedia la dificultad empleando articulaciones *m* que permitan su acomodamiento á las inflexiones de la vía.

Esta articulacion se ejecuta prolongando en *A* (figura 27), la cabeza de una de las bielas, y uniendo con un pasador *O* la pequeña horquilla *C* en que termina la inmediata.

La figura 26, corresponde á un caso análogo.

Otras veces, y es preferible, se usa la disposicion representada en la figura 25: la articulacion lleva sus cojinetes y llave de aprieto *d* correspondiente.

En algunas máquinas (sistema Vaessen, figura 27), las bielas llevan goznes *d* para los movimientos trasversales.

135. Colocacion de las bielas.—Si los cilindros son exteriores, la muñequilla de la biela motriz conduce tambien las de acoplamiento. Si son interiores, siguiendo el mismo sistema podrian tambien acomodarse en el codo ó cigüeña; pero se fatigaria demasiado el eje, aún más débil que en el caso anterior: es preferible situarlas al exterior.

ARTÍCULO TERCERO.

DISTRIBUCION.

136. Distribuidores.—Los distribuidores, cuyo objeto se definió en el capítulo primero, afectan formas sumamente variables; pero en general presentan la de una caja invertida, cuyos rebordes exterior é interior constituyen lo que hemos llamado *recubrimientos* (*B* y *C*, figura 8, lámina 10). El recubrimiento interior puede quedar suprimido, aparentemente, dando un mayor espesor á las paredes (figura *A*).

Generalmente se hacen de fundicion: la parte que desliza sobre la tabla de las lumbreras adquiere un bonito pulimento como consecuencia de los rozamientos.

Sus dimensiones dependen de las que se ha dado á las lumbreras y de la separacion de éstas (capítulo primero), no debiendo pasar de cierto límite, pues de lo contrario presentarian mucha superficie á la presion del vapor y los rozamientos sobre la tabla de las lumbreras serian considerables, produciéndose de aquí grandes esfuerzos de traccion en los tirantes, con todas las consecuencias que se citan en el párrafo **24**, y resistencias contrarias al movimiento de la máquina, puesto que el del distribuidor es suministrado por el eje motor (párrafo **35**). Además, resultaria muy difícil la maniobra de la palanca de cambio de marcha.

La figura 9 dá la perspectiva y dimensiones de los distribuidores que llevan las máquinas de viajeros de la línea de Madrid, Zaragoza y Alicante.

El distribuidor está sujeto por un marco *a* (figura 11), de hierro forjado, que lo abraza; y para obligarle á apoyarse sobre la tabla de las lumbreras, lleva un resorte *b*, fijo al mismo marco. El tirante *A*, forjado con el marco unas veces, otras unido á rosca, se prolonga generalmente como se indica en *B*, sobre todo cuando el distribuidor va por la parte inferior de los cilindros (figura 5, lámina 7), atravesando la tapa anterior de la caja de distribucion para que aquél resulte mejor guiado. Los dos brazos del tirante tienen sus correspondientes cajas de estopas *H*, análogas en un todo á las ya descritas para el vástago del émbolo (párrafo **118**).

El tirante del distribuidor no continúa con la forma de varilla cilindrica sino en la parte próxima á su union con el marco, que ha de pasar por la caja de estopas en el movimiento rectilíneo alternativo que tiene en marcha: á continuacion, se empalma con una barra *D* (véase tambien *T''*, lámina 3), de seccion cuadrada y que tiene vertical una de sus diagonales, con objeto de que aquél resulte bien guiado. La union se hace á rosca ó con llaves. La posibilidad y facilidad de los movimientos, exige siempre que la prolongacion del tirante del distribuidor pase por el centro del eje motor; cuando esto no es posible, el tirante *C D* se articula á una varilla *C B* (figura 6), que gira en *O'*, y cuyo otro extremo *B*, situado en la horizontal *B O* del eje, se une á éste con la barra *B A* que hace las veces de biela.

Cuando el eje delantero está algo elevado sobre el plano de los carriles, impide el paso de la barra cuadrada, si la distribucion es interior; pero se salva fácilmente el obstáculo con la disposicion que la figura 13 representa.

137. Guias.—Si la distribucion es interior, las barras cuadradas de los tirantes van guiadas por unas cajas de igual

forma *A* (figura 12), con cojinetes de bronce *m*: el todo consta de dos mitades *r* y *s*, que se unen con pernos *a*, abrazando á las barras, y se sujetan de igual modo á las paralelas. La figura 1, lámina 14, dá la perspectiva de las guias con sus cojinetes *m* y aceiteros *A'* para el engrase. Las llaves *n* limitan el curso de los tirantes.

Cuando la distribucion es exterior, se presenta una de las siguientes modificaciones, correspondientes á los diversos sistemas de distribucion que en el presente artículo se expondrán (*).

1.° *Sistema Stephenson.*—(Figura de la lámina 23.) A cada lado de la máquina hay una guia igual á las anteriomente descritas, sujeta al bastidor ó plataforma lateral.

2.° *Modificacion de Stephenson.*—(Figura 6, lámina 11). El extremo del tirante está guiado por dos pequeñas paralelas.

3.° *Walschaertz.*—Sirve de guia la pieza *X*. El tirante es, todo él, cilíndrico (lámina 31).

138. Distribucion.—Si el extremo de la varilla ó tirante *a* del distribuidor (figura 1, lámina 10), se articula á una biela *e'*, unida á la manivela *e*, que va fijada en uno de los ejes *o* de la locomotora, en el motor, por ejemplo, el movimiento de éste producirá el rectilíneo alternativo del distribuidor, siendo su extension igual al doble de la longitud de *e*, en el supuesto de que la prolongacion de *a* pase por el centro de *o*.

Esta idea es la más sencilla y primitiva: por ella se vé que los émbolos mueven, por el intermedio de las bielas motrices, á uno de los ejes, y por consecuencia al vehículo, y el movimiento del eje produce el del distribuidor, que es á su vez necesario para obtener el rectilíneo alternativo del émbolo.

(*) Téngase en cuenta *el modo de accion del vapor.* (Número 21 y siguientes.)

139. Excéntricas.—Si colocando una punta del compás en *r*, centro del boton de articulacion de la biela *e'* anterior (figura 2), y con un rádio *r k*, describimos la circunferencia *K h l*, podrémos considerar que el diámetro de aquél ha aumentado hasta ser igual á *K l'*: uniendo la biela al boton por medio de un collar *z*, que le permita girar alrededor del eje de *s*, las condiciones del movimiento, que sólo dependen de la longitud de la biela y de la manivela *s r*, no han cambiado. La pieza *r s z* es una excéntrica.

La excéntrica no es, pues, otra cosa, qu e una manivela en la que se ha aumentado el diámetro del boton para que envuelva el eje á que va unida. El rádio de la manivela es aquí la distancia entre el centro del eje y el de la excéntrica ó boton. A esta distancia se le llama tambien *excentricidad*, y es la mitad del camino rectilíneo que ha de recorrer el distribuidor.

La parte *s l'* recibe el nombre de *vientre* de la excéntrica. La biela, que se llama en este caso *barra de excéntrica*, se une á ésta por un collar que sustituye á la articulacion *r* de la manivela; y esta sustitucion hace preferibles á las excéntricas para el movimiento del distribuidor, porque ocupan menor espacio en sentido del eje.

Muy ligeras variaciones se observan en las excéntricas empleadas en las locomotoras: á continuacion sigue la descripcion detallada de las que existen en las máquinas de viajeros de la línea del Mediodía.

La parte *b c d* (figura 3), llamada *disco*, está acuñada al eje *a*, y para aliviarla de peso lleva los rebajos *b c d*. En su contorno hay una garganta ó canal, como la de las poleas, en la que se introduce un primer aro *m* de metal, y sobre él, otro segundo dividido en dos partes *n s*, sujetas con las orejas *r r'*, por medio de pernos. La mitad *n* lleva una brida *h* en donde se asegura el extremo *l* de la barra de excéntrica. Por último: el collar exterior tiene un aceitero *t*, que engrasa

las superficies de contacto de *m* y *b c d*, para disminuir los rozamientos desarrollados cuando el disco, fijo al eje, resbala dentra del collar.

140. Acuñacion de la excéntrica.—Avance angular.— Se trata ahora de determinar la posicion de la excéntrica en el eje, con relacion á la que tiene el codo ó manubrio abrazado por la biela motriz, para que el movimiento del distribuidor sea tal cual lo exigen los períodos de distribucion explicados en el capítulo primero.

Supondrémos, para todo lo que sigue, que el centro *O* (figura 4), del eje que lleva la excéntrica, está en la prolongacion de la varilla *R R'* del distribuidor (*): y en esta hipótesis puede decirse que, siendo *C C'*, barra de excéntrica, igual á diez veces el radio mayor *O C*, los movimientos del punto *C'* son sensiblemente los mismos que los de la proyeccion de *C'* sobre *A' R*. De modo, que, los caminos recorridos por la varilla *R R'*, cuando el rádio mayor de la excéntrica tenga las posiciones *O B*, *O C*, *O D*, serán, con pequeñísimo error, respectivamente *A b*, *A c*, *A d*, etc.; y siendo *O A* y *O A'* las posiciones de excéntricas extremas correspondientes á los puntos muertos, *O H* y *O H'* serán los intermedios, y corresponderán á la posicion del distribuidor en el punto medio de su carrera.

Como el disco de la excéntrica va unido al eje, se moverá en el mismo sentido que él, de modo que en la marcha adelante girará en el sentido de la flecha 1 (figura 5), y para atrás en el de la 2.

Sentado esto, recordarémos (capítulo primero) que cuando el émbolo está en el punto muerto anterior, el distribuidor debe hallarse en el medio de su carrera. Ocuparia, pues, la posicion *n m b*, figura de puntos, si no tuviera re-

---

(*) Tambien la prolongacion del émbolo debe pasar por el centro del eje, y así lo supondrémos en todo lo que sigue.

cubrimiento exterior, y la $n\,m\,d$ cuando éste, $b\,d$, exista.

Ahora bien: para que el émbolo retroceda, es preciso que se descubra la lumbrera c de admision, y esto sólo se conseguirá estando el rádio mayor de la excéntrica en la posicion $d'\,H'$, para la marcha directa (flecha 1), ó en la $d'\,H$ para la retrógrada (flecha 2).

El rádio de la excéntrica debe, pues, preceder al manubrio motor en 90°, *en el sentido de la marcha.*

Si en lugar de trasmitir directamente el movimiento la excéntrica, lo hiciese por el intermedio de una palanca $C\,B$ fija en O' (figura 6), los movimientos cambian de direccion, y se veria fácilmente que el rádio mayor de la excéntrica deberia hallarse en $O\,A'$ para la marcha directa y en $O\,A$ para la inversa.

Pero volvamos á la trasmision directa (figura 5).

Reconocida está la necesidad de un *avance á la admision:* si ha de ser igual á $b\,c$, ha de hallarse el reborde d del distribuidor en c cuando el émbolo esté en C. Hay, pues, que modificar la acuñacion de la excéntrica en el eje, y para obtener la nueva posicion del rádio mayor, tomarémos $d'c' = dc$ (número **24**), y trazando $H''\,H'''$ perpendicular á $M\,N$, resultará ser $d'\,H''$ para la marcha adelante y $d'\,H'''$ para la marcha atrás.

El ángulo $H'\,d'\,H''$ se llama *avance angular*, y como se ha obtenido por $c'\,d' = c\,d = b\,c + b\,d$, se vé que depende del *avance lineal efectivo de admision, más el recubrimiento exterior.*

El ángulo de acuñacion de la excéntrica debe ser, en resúmen, igual á 90° *más el avance angular, en el sentido de la marcha* (*).

Si la excéntrica trasmite indirectamente al distribuidor su movimiento (figura 6), *la acuñacion se haria segun un*

(*) El avance angular oscila al rededor de 30°.

ángulo igual á 90° *ménos el avance angular*, siempre en sentido del movimiento de la máquina.

141. Elipse de Fauveau. — Puede hacerse un estudio geométrico de los movimientos combinados del émbolo y distribuidor, que permitirá conocer la duracion de los diversos períodos de la distribucion, y las aberturas de las lumbreras de admision y escape correspondientes. El procedimiento debido á Mr. Fauveau, está fundado en lo siguiente:

Sea *O* (figuras 6 y 7, lámina 12) el eje motor; *O M* y *O N* los rádios del manubrio del eje y manivela del distribuidor; *K H* la prolongacion del eje del cilindro y por consecuencia del vástago del émbolo.

Divídanse las dos circunferencias *O M* y *O N* en un número par de partes iguales, en 12 por ejemplo; numérense las divisiones de la primera á partir del punto *T*, punto muerto posterior del manubrio, y hágase igual operacion con la *O N*, empezando con el cero en el rádio *O* 4, puesto que siendo la marcha en el sentido de la flecha debe preceder *O* 4 á *O T* en 90° más el avance angular, que aquí resulta de 30°.

Haciendo centro en cada una de estas divisiones y con rádios iguales á las bielas respectivas, señálense los puntos en que los arcos descritos cortan á *K H*, y encontrarémos las posiciones de los extremos del vástago del émbolo y tirante del distribuidor, que se numerarán correlativamente, obteniéndose así los caminos recorridos por éstos en los diversos períodos de su carrera.

Nótese la diferencia que hay entre las magnitudes 10-9, 9-8, etc., y las 0-11, 7-6, etc., así como la que existe entre las equidistantes de los extremos 0-1 y 6-7; 10-11 y 7-8, etc.: lo mismo se verifica para los números acentuados, y como los tiempos empleados en recorrerlas son los mismos, pues que la velocidad angular de rotacion del eje *O* es uniforme, se deduce:

1.° Las velocidades lineales del émbolo y distribuidor son distintas en los diversos períodos.

2.° En posiciones equidistantes de la media existen tambien estas desigualdades (*) siendo mayor la velocidad correspondiente á las anteriores que la de las posteriores, pues que á igualdad de tiempo los espacios recorridos son mayores; quedando como consecuencia inmediata más tiempo descubiertas las lumbreras delanteras.

Sobre una recta *C D*, tómense (**) como abscisas las distancias 0,1-1,2 ..... 5-6, correspondientes á las posiciones del émbolo en la carrera de ida; y en perpendiculares á aquella, como ordenadas, los caminos recorridos por el distribuidor. Cuando el émbolo vaya de la posicion 0 á la 2 (figura 6), el distribuidor recorrerá la distancia 0′, 2′, y llegará á su punto muerto anterior, de modo que á la abscisa 2 (figura 7), le corresponde una ordenada cero. Cuando el émbolo esté en 3 (figura 6), el distribuidor estará en 3′, el camino recorrido será 2′, 3′, que se tomará en 3 *c* (figura 7), como ordenada. Del mismo modo obtendrémos las ordenadas 4 *d*, 5 *e*, iguales respectivamente á 2′-4′ y 2′-5′ (figura 6). A la abscisa 6 le corresponde la ordenada 2′-6′, que es igual á la 2′-8′ ménos la 8′-6′: trazando, pues (figura 7), *A B* paralela á *C D* á la distancia 2′-8′, que es la longitud de carrera del distribuidor, se podrá obtener el punto *f* tomando 6 *f* igual á 8′-6′. Del mismo modo 7-*h* = 8′-7′, y para la abscisa 8 corresponde una ordenada cero,

(*) Parece estar esto en contradiccion con lo dicho en el número 140, en que se dejó sentado que los movimientos del extremo *C′* (figura 4, lámina 10), eran los mismos que los de la proyeccion de *C* sobre *A′ R*; pero se recordará que no se dió este hecho como exacto, sino como aproximado á la exactitud: el error cometido, suponiendo las bielas diez veces mayores que la longitud de manivela, es, en efecto, insignificante.

(**) Las magnitudes de esta parte de la figura se han tomado en escala doble de la del resto, para hacerla más inteligible.

por referirse al punto muerto posterior del distribuidor.

Cotinuando de esta manera y uniendo todos estos puntos por una curva, será ésta forzosamente cerrada, porque cuando el manubrio motor vuelve á una posicion por la que ya pasó, el distribuidor vuelve á la posicion correspondiente á este punto. La parte *a c d e f* de la curva (figura 7), corresponde á la carrera 0-6 de ida del émbolo (figura 6); y la *f m a* (figura 7), á la de vuelta. Si se quiere saber la posicion del distribuidor cuando el émbolo está en *R*, por ejemplo, la perpendicular *R E* dará el camino recorrido por aquél á partir de su punto muerto anterior, y por lo tanto su posicion relativa, y tambien la abertura de lumbrera, si conocemos la anchura de ésta y su situacion relativa con el punto muerto de que hablamos. Si se quiere resolver el problema inverso, es decir, conocer la posicion del émbolo para una determinada del distribuidor, no habrá más que tomar *D F* igual al camino recorrido por éste desde su punto muerto anterior, trazar la paralela *F E* á *C D*, y la ordenada *E R* resolverá el problema.

Segun esto, si se traza una paralela *s t* á *A B* y *C D*, distante de ambas la carrera del distribuidor, cortará á la curva en dos puntos *s*, *t*, cuyas abscisas indicarán las posiciones del émbolo para las cuales el distribuidor está en la mitad de su carrera.

Del exámen de la figura resulta, en resúmen:

Punto 2 de la curva.=Punto muerto anterior del distribuidor.

Punto *t*. . . . . .=Mitad de su carrera.

El distribuidor retrocede miéntras el émbolo avanza de 2 á 6.

Punto 8. . . . . .=Punto muerto posterior del distribuidor.

El distribuidor sigue retrocediendo juntamente con el émbolo de 6 á 8.

Punto *s*. . . . . .=Mitad de la carrera del distribuidor.

El distribuidor avanza miéntras tanto el émbolo retrocede de 8 á 12, y despues avanza de 0 á 2 con éste.

Si nos fijamos en la parte anterior del distribuidor, y suponemos que no haya recubrimientos exterior ni interior, la parte de curva *t f m s* corresponde al período de admision y la *s b c t* al escape, y lo inverso sucederá con el otro borde posterior. Así lo manifiestan las figuras 1, 2 y 3, que representan las posiciones extremas y media del distribuidor sin recubrimiento, sobre la lumbrera *L*.

Pero supóngase que existe un recubrimiento exterior: la admision empieza cuando el distribuidor ha rebasado su posicion media en una cantidad *n n'*, posicion 4, igual al recubrimiento exterior *m n*: la admision no corresponderá al punto *t* sino á otro punto de la curva que tenga una ordenada inferior á la de *t* en la longitud igual á dicho recubrimiento. Trácense, pues, dos rectas *s'' t''* y *s' t'* paralelas á *A B*, á uno y otro lado de *s t*, y distantes una cantidad igual al recubrimiento exterior, y tendrémos entónces, considerando el borde anterior del distribuidor:

t'' s'' admision.
s'' s expansion.
s t escape.
t t'' compresion.

La recta *s' t'* servirá para fijar los períodos del borde posterior.

Si hubiese recubrimiento interior, se trazarian dos nuevas paralelas á *A B* á uno y otro lado de *s t*, y distantes de ésta una magnitud igual al recubrimiento interior; que como es menor que el exterior, estarian situadas entre *s t* y *s' t'*-*s'' t''*: los puntos de encuentro con la curva nos darian, análogamente á lo que acabamos de ver, los períodos de admision, expansion, escape y compresion, de los bordes opuestos del distribuidor.

142. Cambio de marcha.—Con sólo una excéntrica por

cada distribuidor, acuñada como se acaba de indicar, resultarán las dos á ángulo recto, como lo están los dos manubrios del eje. Esta disposicion presenta, sin embargo, el grave inconveniente de no permitir la marcha, á voluntad, en las dos direcciones opuestas; pues siendo invariablemente las mismas las posiciones relativas del émbolo y distribuidor en los diversos períodos de una embolada, la marcha de la locomotora podrá efectuarse tan sólo en un sentido; adelante si se acuñó la excéntrica segun $d' H''$ (lámina 10, figura 5), y atrás si se hizo la acuñacion en $d' H'''$.

¿Cómo podrá atenderse á esta nueva condicion impuesta por las necesidades del servicio?

Supóngase al codo ó manubrio en la posicion $O L$ (figura 7); para la marcha directa la excéntrica deberia estar en $O B A$ (siendo $L O B = 90° +$ avance angular $E O B$), y su barra en $A F$, pasando por el centro B; para la marcha inversa se tendria que encontrar en $O C D$ y su barra en $N H$.

El problema del cambio de marcha estaria resuelto, si teniendo la excéntrica un movimiento independiente del eje, á voluntad, se pudiese llevar de la posicion $O B A$ á la $O C D$, haciéndola resbalar sobre el eje O.

Fácil es concebir la debilidad de esta combinacion por la dificultad de fijar la excéntrica al eje sólidamente, ó hacerla independiente de él cuando se quisiere.

Pero si en vez de una sola excéntrica acuñamos dos, segun $O A B$ y $O C D$, la cuestion sólo estribará en hacer que la barra de cada una obre sobre el tirante del distribuidor cuando convenga, sin que la otra ejerza accion alguna sobre éste.

Conformes con la idea que se acaba de señalar, habrá para cada distribuidor dos excéntricas: una para la marcha adelante, que llamarémos *excéntrica directa*, y otra para la marcha retrógada, con el nombre de *excéntrica inversa*: las

dos están situadas de un lado de $R\ R'$, opuesto al manubrio $O\ L$, y formando sus rádios mayores un ángulo $C\ O\ B = 180^{\circ} - 2$ avance angular.

143. Sector de Stephenson. — El mecanismo conocido con este nombre, es uno de los más generalmente empleados para obtener el cambio de marcha.

Las barras de excéntrica $H\ H'$ (figuras 1 y 2, lámina 14), se articulan en sus extremos á un arco a descrito con un rádio igual á la longitud de aquellas, que lleva una ranura circular b. Para efectuar esta articulacion, las barras de excéntrica se terminan por una horquilla c que abraza el extremo del arco, al que se unen por un pasador.

La varilla $R\ R'$ del distribuidor, se termina tambien en horquilla a_3, que abraza un *taco* T' introducido en la ranura del arco, en la que puede resbalar cuando éste se baje ó eleve. La figura 2', lámina 10, dá en A y B los detalles de las dos horquillas.

El arco debe ir suspendido, pues de lo contrrrio, su peso sumado al de las barras de excéntrica, lo haria bajar hasta que el extremo superior tropezase con el taco. La suspension es distinta segun que la distribucion sea interior ó exterior.

En el primer caso, los dos sectores van juntos, entre los bastidores: las cabezas superiores de los arcos están suspendidas por unas varillas b_2 (figura 2, lámina 14), á una barra cilíndrica A que se une por otra B al eje C, sujeto por un lado b_1 (figura 1) á un puentecillo, y por el otro m (figura 2), á un apéndice del bastidor.

En prolongacion de la barra B hay un contrapeso b_3, que equilibra el de los sectores. Las varillas de suspension están articuladas en c', con las cabezas de los arcos, por el pasador del eje A, por la parte interior h.

Las figuras completarán lo deficiente de la descripcion.

El eje C (figura 2) tiene fijado en el punto m un codo D,

en cuyo extremo *D'* lleva una larga varilla *E* que termina en la plataforma del maquinista, y que puede maniobrarse por medio de una palanca *A* (figura 21, lámina 10), llamada de cambio de marcha, contenida por el arco dentado *B*. La palanca gira alrededor del punto *C*; y para fijarla en la posicion que se desée, lleva una falleba *D*, cuyo extremo se introduce en los dientes ó *puntos* del arco. La falleba se maniobra fácilmente, merced á un puño *E* paralelo al de la palanca: de modo que abrazando ámbos con una mano y venciendo la resistencia de un pequeño muelle que tiende á bajar aquella, se levanta y puede correrse libremente la palanca en cualquier sentido de los dos de marcha: dejando libre la manezuela de la falleba, se efectúa su engranaje con el arco.

La varilla *F* de la palanca, va guiada por unos pequeños arcos sujetos al bastidor.

La disposicion que la figura representa es la de las máquinas de la línea de Madrid á Zaragoza y Alicante.

Si la distribucion es exterior, las excéntricas *a'*, y su sector correspondiente *b'*, van colocados á los costados exteriores del bastidor (lámina 23), y el punto de suspension *c'* y contrapeso *d'*, se sitúan generalmente en la parte superior: *e'* es la varilla de realce, *E N* el codo del eje *c'*, *M* la barra, *E''* la palanca de cambio de marcha, *M'* el arco dentado y *M''* el arco de apoyo de la barra.

La figura 14, lámina 10, indica la posicion de todas las piezas que lleva la rueda motora en este caso. *A* y *B* son partes de la muñequilla abrazadas por la biela motriz y las de acoplamiento, respectivamente; *C* y *D* partes de un codo, prolongacion del eje motor, en que se acuñan las excéntricas.

En algunas máquinas, el tirante del distribuidor no se une directamente al arco, disponiéndose en cambio como manifiesta la figura 16. La varilla *A* se articula en *B* á la *C*,

que tambien lo está en *D* á la pieza *E*, giratoria en *H*, que lleva el taco *S*.

El movimiento que las dos excéntricas imprimen al arco por el intermedio de las barras es tal, que cuando una de las extremidades de él marcha en un sentido, la otra va en el opuesto, resultándole así una oscilacion alrededor *próximamente* de su punto medio *O*, que se llama por esta razon *punto muerto* (figura 15).

Decimos *próximamente*, porque en realidad no tiene la regularidad que se acaba de indicar, por las razones que se exponen en el número **146**.

Las barras de excéntrica pueden unirse al arco de dos maneras: en la primera, que es la que hemos considerado, la excéntrica directa se une á la parte superior del arco y la inversa á la inferior; pero tambien se podria haber unido la excéntrica directa, ó de marcha adelante, á la parte inferior, y la inversa á la extremidad superior. La primera disposicion se distingue con el nombre de *sistema de barras rectas*, y la segunda con el de *barras cruzadas*. Para conocer la razon de estas dos denominaciones, supóngase el manubrio del eje (figura 17) en *O C*, punto muerto posterior, y en tal situacion, *O A* representará la excéntrica directa y *O B* la inversa.

Para que la primera, *O A*, se una á la parte superior del arco, es preciso que estén las piezas en la disposicion que la figura indica, y las barras de excéntrica no se cruzan. La segunda disposicion exige que se crucen como manifiesta la figura 18.

Claro está que la denominacion de *barras rectas* y *barras cruzadas* sólo conviene cuando el manubrio del eje motor está en el punto muerto posterior, es decir, en el orígen de la carrera directa del émbolo, porque es evidente que tanto en una como en otra de las dos disposiciones, las barras se cruzan y descruzan en una revolucion completa del eje mo-

tor. Así es que cuando el manubrio está en el punto muerto anterior *A* (figuras 8 y 9, lámina 12), como la posicion de las excéntricas ha cambiado, y viene á colocarse la directa en la parte inferior *O D* y la inversa en la superior *O I*, se cruzan cuando la primera manda á la parte superior del arco (figura 8), y no se cruzan en el otro caso, inversamente á lo que ocurria para el punto muerto posterior del manubrio. Resumiendo: las denominaciones anteriores nos sirven sólo para expresar de un modo abreviado, que la excéntrica de marcha adelante, ó la de marcha atrás, manda el extremo superior del arco del sector.

144. Modo de efectuar el cambio de marcha.—Veamos de qué modo se consigue el cambio de marcha con el sector de Stephenson. Supongamos que las barras son rectas, de modo que la correspondiente á la excéntrica directa mande la parte superior del sector (figura 7, lámina 10), y colóquese á éste en la posicion *A F G E*. La marcha se hará hácia adelante, pues sólo obra sobre el distribuidor la excéntrica directa, y la otra no tiene accion alguna.

Si estando el codo *O L* y las excéntricas en la posicion que la figura indica, se quiere marchar atrás, no hay más que levantar el sector hasta que la barra *E G* quede en *N H*: la *A F*, llegará á *M Y*, y obrará sobre el distribuidor única y exclusivamente la excéntrica *O C D*, que es la inversa. Y recordando el mecanismo para mover el sector, se deduce que para la marcha directa hay que echar la palanca de cambio adelante, y para la inversa atrás. Para el caso de barras rectas esta regla es general, cualquiera que sea la posicion en que queden los codos ó manubrios al pararse la máquina.

Para verlo más detalladamente, considerarémos dos posiciones opuestas del manubrio.

1.ª La máquina, al pararse, quedó en la posicion de la figura 1, lámina 11: el manubrio *O E* por la parte superior de la horizontal que pasa por el centro del eje motor; *E L*

representa la biela motriz, y C' el émbolo, que deberá hallarse próximamente en la mitad de su carrera, puesto que el codo ó muñequilla $O\,E$ quedó próximo á la vertical. Suponiendo el sistema de barras rectas, el sector tendrá la forma $N\,H\,G\,g$, puesto que $O\,B$, precediendo al eje en 90°, más el avance angular, representa la excéntrica directa y $O\,A$ la inversa.

En esta disposicion, si se quiere marchar adelante es necesario que el eje se mueva en sentido de la flecha 1, ó lo que es lo mismo, que el émbolo camine hácia adelante tambien, para lo cual se necesita que quede descubierta la lumbrera a. La excéntrica, B, directa, es la que debe mandar, y el sector deberá quedar en la posicion que la figura indica, y que se puede construir gráficamente trazando $h\,H = g\,G$, de modo que pasen por los centros B y A respectivos, y dando al arco $G\,H$ una longitud igual á la que se quiera, pero trazándolo con rádio igual á $h\,H$.

Para la marcha inversa será preciso que quede abierta la lumbrera b, pues así el émbolo y manubrio se moverán en el sentido de la flecha 2: esto se conseguirá levantando todo el sector hasta que ocupe la posicion $h'\,H'\,G'\,g'$, porque de este modo mandará sobre el distribuidor la excéntrica $O\,A$, y la lumbrera b será la de admision al iniciarse el movimiento. Esto se comprueba fácilmente examinando la figura: el tirante del distribuidor se ha corrido á la izquierda siguiendo el movimiento del sector, cuyo extremo inferior viene á G', á la izquierda de H, porque los rádios de la excéntrica $O\,A$ van disminuyendo al aproximarse á $O\,g'$.

2.ª Si el manubrio quedó por debajo de la horizontal, en $O\,E$ (figura 2), $O\,B$ será la excéntrica directa y $O\,A$ la inversa: los movimientos del émbolo deben ser contrarios á los del caso anterior, de modo que para la marcha directa deberá abrirse la lumbrera b, y el sector estará en la posicion $h\,H\,G\,g$. Levantando el sector, se colocará en $h'\,H'\,G'\,g'$;

el punto G' quedará á la derecha del H, porque los rádios de la excéntrica $O\ A$ van aumentando al aproximarse á $O\ G'$; el distribuidor se correrá tambien á la derecha, quedando abierta la lumbrera a, y mandando la excéntrica inversa. La marcha será retrógrada.

Resumiendo.

En todos casos, la palanca de cambio de marcha debe llevarse en la misma direccion de ésta.

Si el manubrio está por la parte superior de la horizontal que pasa por el eje, al llevar atrás la palanca se abre la lumbrera anterior, que ha de ser precisamente la de admision.

Si el manubrio quedó por la parte inferior, el mismo movimiento de la palanca hace descubrir la lumbrera posterior.

Estos distintos movimientos del distribuidor para uno mismo de la palanca, se deben á la posicion de las excéntricas en cada caso.

Cuando las barras *se cruzan* (figura 19, lámina 10), los movimientos de la palanca son distintos. La palanca puesta en el extremo anterior servirá para la marcha *inversa* y en el posterior para la *directa*.

145. Expansion variable.—El trabajo que una locomotora debe desarrollar, es sumamente variable, porque depende de elementos numerosos y distintos. El perfil de la vía, el estado de los carriles, el de la atmósfera, la velocidad de la marcha, el peso del tren remolcado, todas estas causas influyen poderosamente en la determinacion de los esfuerzos que la máquina ha de ejercer para cumplir con su mision.

El esfuerzo de traccion, en una máquina, á igualdad de las demás condiciones, depende de la presion del vapor en el cilindro y de la superficie de los émbolos, es decir, del diámetro de los cilindros.

Los cilindros no pueden variar de diámetro á voluntad: es preciso, pues, hacer variar el otro elemento del trabajo,

la presion del vapor, y esto se conseguirá disminuyendo el período de admision y haciendo mayor por lo tanto el de la expansion; período en el cual, siguiendo la ley de Mariotte, el vapor va perdiendo de presion á medida que se acerca al extremo de su carrera el émbolo.

Este medio de resolver la dificultad está muy conforme al mismo tiempo con la buena marcha de la máquina, porque es preferible siempre que el vapor tenga una gran presion, trabajando con expansion, á que por el contrario, sea la presion más baja y se aumente el período de admision.

En efecto, en el primer caso se tiene almacenada mayor cantidad de vapor, y el gasto dá tiempo á la formacion de nuevas cantidades; la vaporizacion es por lo tanto más regular.

Además; con la expansion se utiliza mejor el vapor, porque cuando sale á la atmósfera, por la chimenea, tiene ménos presion: las contrapresiones son tambien menores por la misma razon. Se aumenta, pues, el trabajo *positivo* del vapor, y se disminuye el *negativo*.

De todo lo cual, resulta que el problema del *trabajo variable*, en las locomotoras, está resuelto favorablemente por la *expansion variable*.

De dos modos distintos se puede alcanzar la variabilidad de expansion.

1.° Haciendo variable la carrera del distribuidor.

2.° Sirviéndose de un doble distribuidor.

El primer método es el más generalmente adoptado en las máquinas locomotoras.

No cabe la menor duda de que á medida que se disminuye la carrera del distribuidor, la expansion empezará antes y será más prolongada.

Supongamos, en efecto, que se marcha adelante; que el manubrio (figura 3, lámina 11) se encuentra en *O A*, punto muerto anterior; la excéntrica representada por su rádio ma-

yor, en $O\,B$, y el distribuidor en E, de modo que el extremo del reborde descubre algo la lumbrera a.

Continuando la marcha, el distribuidor retrocederá primero, hasta b, para volver despues á avanzar, llegando á la posicion a cuando la excéntrica esté en $O\,H$. El período de admision corresponde, segun esto, á un recorrido angular de la excéntrica, y por consecuencia del eje, igual á $H\,O\,B$.

Disminúyase la carrera del distribuidor, ó lo que es lo mismo, disminúyase el brazo de la manivela, sin alterar para nada la longitud de la varilla $H\,D$ por supuesto, y las dos posiciones E del distribuidor corresponderán á las $O\,M$, $O\,L$ de la manivela; de manera que el período de admision, tendrá lugar solamente miéntras ésta recorre el ángulo $L\,O\,M$, menor que el $H\,O\,B$, y siendo uniformes las velocidades angulares del eje, queda probado que la admision disminuye con la carrera del distribuidor.

De un modo análogo se haria ver que la expansion crece por el contrario.

Ahora bien: ¿cómo se conseguirá esta variabilidad de la carrera del distribuidor, arbitraria en el maquinista? El sector de Stephenson, que resolvió el problema del cambio de marcha, resuelve tambien el presente.

El sector tiene un movimiento oscilatorio alrededor de su punto medio próximamente. Si $A\,B$ y $A'\,B'$ (figura 15, lámina 10), son las posiciones extremas del arco, $c\,c''$, $d\,d''$ ....., serán los caminos recorridos por los puntos c, d, ... tanto menores cuanto más próximos del O se hallen. Si se pone el taco del tirante del distribuidor en los puntos diversos de O á A, su carrera puede variar, y en la hipótesis de barras rectas, levantando el sector se obtendrán menores carreras para el distribuidor hasta que se llegue al punto muerto O. Si se continúa elevando el sector, el taco podrá ocupar las posiciones e', d', c', ... de la mitad inferior, que corresponderán

á la marcha retrógrada, porque dominará la barra de excéntrica inversa.

Se pueden obtener, pues, toda clase de expansiones para las dos marchas, sin más que fijar la palanca de cambio en los diversos *puntos* del arco: el punto medio corresponderá al que hemos llamado *punto muerto* del arco del sector y recibe este nombre: la mitad anterior del arco dentado corresponde á la marcha directa, y la posterior á la inversa.

146. Defectos del sector de Stephenson.—Si el sector lleva las articulaciones de las barras de excéntrica en sus extremidades (lámina 3), el taco del tirante no podrá corresponder nunca al extremo de las barras; así no podrá mandar una de ellas por completo, y aunque predomine su accion, la otra ejercerá tambien su influencia.

Este inconveniente se evita modificando el sector como manifiesta la figura de la lámina 23, poniendo detrás de él los puntos de articulacion.

El inconveniente que se acaba de señalar es de muy poca importancia, sin embargo, porque casi nunca se dá en marcha al distribuidor la carrera total, ni por consecuencia á la admision el valor máximo.

Se ha dicho que el punto medio del cuadrante del sector no se movia, circunstancia que le asignaba el nombre de punto muerto. Este punto muerto no existe, sin embargo, porque el movimiento del arco del sector no se verifica en la práctica como se supuso en los párrafos anteriores.

Para verlo con más despacio, imagínese suprimido el avance angular de las excéntricas, en cuyo caso el rádio OB (figura 4, lámina 11), será prolongacion del OA. En una nueva posicion del eje tomarán la A' OB', de manera que los caminos Om y On, recorridos por los extremos A y B, son iguales, y el sector resultará en C' D', girando alrededor de su punto medio, si pudiera mantenerse en el espacio sin apoyo alguno. Pero suponiéndolo suspendido en S,

el punto C no irá á C', sino á C'', en el arco descrito desde S como centro con el rádio SC. El sector se habrá elevado; y como el taco no tiene movimiento vertical, no ocupará el punto medio de aquél, sino otro inferior que se moverá á la izquierda de O'. Las posiciones análogas opuestas de las excéntricas darán al taco un movimiento análogo á la derecha.

Aún hay otra causa que viene á sumar su efecto con el anterior: los avances con que se han acuñado las excéntricas (figura 5).

Partiendo de la posicion de excéntricas OA, OB, vemos que cuando A va á A', B viene á B'; y como las proyecciones sobre HH' de las distancias recorridas por A y B son tanto mayores cuanto más se aproximan estos puntos á la vertical $B'B'''$, resulta que mO, camino recorrido por B, es mayor que mn, camino recorrido por A: el arco del sector no girará alrededor de su punto medio k, sino que tendrá un movimiento á la izquierda recorriendo el espacio ks. En las posiciones de excéntricas OA'', OB'', los dos extremos se moverán á un mismo lado de O, y todo el sector marchará en esta direccion: las posiciones opuestas á las que se han considerado acusarán movimientos contrarios del sector: éste tiene, por consiguiente, un movimiento general de derecha á izquierda é inversamente, debido al avance angular.

Otro de los defectos del sector de Stephenson es la variabilidad de los avances lineales á la admision que dá para los diversos grados de expansion.

Supongamos que las barras sean rectas (figura 1, lámina 12), y que el émbolo, y por consiguiente el manubrio, esté en el punto muerto anterior M, á cuya posicion corresponde la del distribuidor en el avance á la admision: OD será la excéntrica directa, unida á la parte superior del sector, OI la inversa, y NP el sector para la plena admision.

Cuando el sector se levanta, para aumentar el período de expansion, sus dos extremos P y N giran respectivamente alrededor de I y D. Sea P' la nueva posicion del punto P; para construir la del sector, descríbase desde D, como centro, el arco $N N'$, y desde P', con rádio igual á la cuerda de aquél, el $a N'$; resultará ser N' la nueva posicion N, y el arco $N' N'' P'$, trazado sobre la cuerda $N' P'$ con rádio igual á $D N$ ó $I P$, dará la posicion actual del sector.

Se vé, por esta construccion geométrica, que el taco de la varilla del distribuidor ha corrido de N á N'', de modo que el reborde anterior de éste habrá retrocedido igual longitud, y el avance á la admision quedará aumentado en esta cantidad.

Si consideramos la marcha retrógrada (figura 2), en cuyo caso la excéntrica inversa $O I$ manda directamente con la barra $I P$ al sector, puede verse de igual manera que al descender el sector, para aumentar la expansion, el distribuidor retrocede la distancia $P P''$.

Resumiendo: en el caso de barras rectas, al aumentar la expansion se aumenta el avance á la admision.

Las consecuencias del aumento en el avance á la admision nos son conocidas ya (número **27**): crece el período de marcha á contravapor, y la compresion y escape se adelantan, de modo que el trabajo de la expansion se pierde en parte. Se disminuye en algo este inconveniente (figura 1), disminuyendo el avance angular de la excéntrica inversa $O I'$: el extremo P' viene á P'' y el retroceso del distribuidor es ya tan sólo $N N'''$.

Cuando las barras son cruzadas, ya sea para la marcha directa (figura 3), ya para la inversa (figura 4), sucede todo lo contrario; es decir, que al aumentar el período de expansion se disminuye el avance ó adelanto lineal de admision; en este caso, cierto es que el escape empieza más tarde, así como la marcha á contravapor, y tam-

bien lo es que la compresion disminuye, pero se corre el riesgo de retardar demasiado la admision del vapor en la marcha á gran expansion, que es precisamente la más usual como más ventajosa, pudiendo resultar los incidentes señalados en el número **24**.

Puede disminuirse este defecto aumentando el avance angular correspondiente á la excéntrica inversa, es decir, el lineal para la marcha retrógrada: la nueva posicion del sector, $P\,N'$ (figura 3), acusa una variacion $N\,N'''$ menor que la $N\,N''$. Cierto es que los paliativos practicados alteran la regularidad de la marcha retrógrada, pero hay que advertir que la marcha ordinaria de las locomotoras es la directa.

147. Otros defectos de la distribucion anterior.—Al aumentar la expansion, se disminuye la carrera del distribuidor, y en una gran parte del período de admision resultan más estrechas las lumbreras, sufriendo el vapor en el cilindro una disminucion notable en su presion, efecto de las pérdidas que sufre al pasar por los recodos y angosturas que se forman, en donde experimenta una especie de laminado. Hay que añadir que este defecto es comun á todos los sistemas en que la expansion se obtenga, en sus diversos grados, por la variacion de carrera del distribuidor.

Supongamos que se trata de arreglar una distribucion. Se coloca el manubrio motor en uno de los puntos muertos, en el anterior, por ejemplo; la palanca de cambio de marcha, adelante, y se arregla el acuñado de la excéntrica directa de manera que se obtenga el avance lineal que se desea. Colócase despues el manubrio en el punto muerto posterior, y se echa á este lado completamente la palanca, acuñándose entónces la excéntrica de marcha retrógrada cuanto sea necesario.

Pues bien: si se hace que estos dos avances sean iguales, al emplear la expansion las aberturas máximas de las lum-

breras no serán iguales para las dos caras del émbolo, y el escape no se verificará con regularidad.

Si, por el contrario, se arregla la acuñacion para que las aberturas de las lumbreras sean las mismas en las dos caras del émbolo, el escape será más sensiblemente regular, pero el avance lineal no será el mismo para los bordes opuestos del distribuidor. Todas estas irregularidades dependen de que el punto C (figura 4, lámina 11) describe el arco $C\,C''$ en vez de una recta, y el taco del distribuidor, como consecuencia inmediata, no conserva una posicion invariable en el arco del sector, en una vuelta completa del eje motor.

La construccion de las figuras en que se manifiestan estas circunstancias, daria la explicacion de los hechos.

148. Aparato para hacer el estudio de la distribucion.—Las construcciones geométricas que conducen á las conclusiones que se dejan indicadas, y á otras que aún resta decir, pueden suplirse perfectamente con un pequeño aparato de madera ó metal, que sirve al mismo tiempo para dar una idea exacta de los movimientos relativos del émbolo y distribuidor, con más sencillez que las indicaciones de la curva descrita en el párrafo **141**.

Este aparato, empleado en los talleres para arreglar la distribucion de las máquinas locomotoras, es como sigue:

En una tabla de madera bien plana (figura 10, lámina 12) se fijan dos pequeñas guias a y b, de madera ó metal, entre las cuales se mueve una corredera c, de la misma materia, que lleva pegado un papel con el dibujo del corte del distribuidor, así como en la guia b otro con los cortes de las lumbreras. En la prolongacion de c, que hace el oficio de distribuidor, se coloca el taco d, introducido en el arco $e\,f$ del sector, tambien de madera ó metal.

En el eje de la corredera, prolongado, y á la distancia conveniente, segun escala, del arco del sector al eje motor, hay un perno o que atraviesa una pequeña plancha $g\,h\,k'$,

terminada en dos puntas *g* y *h*, indicadoras de las posiciones del manubrio. Sobre esta plancha va otra circular *l m*, que representa una de las excéntricas: está atravesada por el mismo perno *o*, que hace las veces de eje motor, y tiene una ranura *n* que permite variar la excentricidad. Los movimientos de ambas planchas se hacen solidarios con los tornillos *r* y *s*, y para hacer variar á voluntad su posicion relativa, ó lo que es lo mismo, el avance angular, lleva la de la excéntrica dos ranuras circulares, descritas desde *o* como centro.

El disco *o r s* tiene un collar *m*, al que se fija una varilla *u e* que representa la barra de excéntrica: en el otro extremo *f* del arco del sector se articula, con un boton, otra reglilla *f t*, correspondiente á la barra de la segunda excéntrica, que no hay necesidad de hacer entrar en el aparato; pues basta fijar aquella en *t*, al disco de la primera, de tal modo que *o t* sea igual á la excentricidad, y *a' o k* igual á *b' o k'*. Tambien se pueden hacer variar los puntos de union de las barras de excéntricas con el arco del sector.

La suspension se obtiene de la siguiente manera.

Se traza un punto *A* que represente el eje del contrapeso, y con un rádio igual á la longitud de la barra que lleva las varillas de suspension se describe el arco *N D*, en el que se señalan los puntos *E H*, correspondientes á las distintas posiciones del extremo inferior de aquellas para los diversos puntos de la palanca de cambio de marcha. Una pequeña regla articulada en *N* al sector y fijada con un tornillo en los puntos del arco *N D*, ejecuta la suspension.

Para comparar la carrera del émbolo con la del distribuidor, se traza la circunferencia *g b' h a'* descrita por el manubrio: haciendo centro en *g* y *h* y con un rádio igual á la longitud de la biela motriz, se marcan dos puntos en la recta *T T'*, eje del cilindro y vástago del émbolo, que representarán la carrera de éste. Divídase esta distancia en un

cierto número de partes iguales; numérense, y haciendo centro en ellas y con el mismo rádio, igual á la biela, señálense puntos que se distinguirán con los mismos números que sirvieron de centro. De este modo las puntas *g* y *h* van indicando las posiciones que corresponden al émbolo cuando el distribuidor toma las observadas directamente en el aparato.

149. Cálculos de Mr. Philipps.—Mr. Philipps ha sometido al cálculo los elementos variables de la distribucion, obteniendo resultados que están completamente de acuerdo con los de la experiencia.

Las fórmulas deducidas por este ingeniero confirman cuanto se deja dicho respecto á la distribucion, y conducen á otras conclusiones que omitimos por ser más interesantes al maquinista constructor que al conductor.

150. Modificaciones de Gooch.—Para evitar algunas de las imperfecciones de la distribucion con el sector de Stephenson, Mr. Gooch lo ha modificado del siguiente modo (figura 6, lámina 11).

El arco no tiene movimiento vertical, para lo cual está suspendido en su punto medio, articulándose á una pequeña varilla *A B*, que lo está á su vez, en su extremo *B*, al bastidor ó caldera.

El arco *C D* presenta su concavidad á los cilindros, y está trazado con un rádio igual á la longitud *M N* de un falso tirante articulado en *N* al del distribuidor y desde *N* como centro.

Por esta disposicion, la parte móvil es el taco *M*, para lo cual el falso tirante lleva el árbol de realce *H* que ántes tenia todo el sector. Los movimientos oscilatorios de éste son, por lo demás, idénticos á los ya descritos en el caso anterior, si se exceptúa el señalado en la figura 4, punto *C''*, por estar suspendido de su mitad.

El extremo del tirante del distribuidor va guiado, pa-

ra mayor seguridad, por dos pequeñas paralelas *H* y *R*.

Se efectúa el cambio de marcha, ó de expansion, subiendo ó bajando el taco en el sector.

Claro es que este sector admite, como el precedente, dos clases de barras de excéntrica: rectas y cruzadas. En el primer caso, la marcha directa corresponde tambien á la primera mitad superior del arco, y la inversa á la mitad inferior. En el segundo caso tendria lugar todo lo contrario.

151. Ventajas de esta distribucion.—Si no hubiera avances en la acuñacion de las excéntricas, el punto medio sería verdaderamente el punto muerto (número **146**). Todos los defectos de la suspension inferior ó superior quedan anulados.

Los avances lineales á la admision, son constantes, cualquiera que sea el grado de expansion que se dé, porque al elevar ó bajar el falso tirante *MN*, el punto *N*, por ser centro del arco, no se moverá, y por lo tanto, el distribuidor permanecerá inmóvil.

La maniobra de la palanca de cambio de marcha es más fácil, porque tiene que mover menor peso. Esta ventaja, sin embargo, no es muy considerable, porque en el sistema Stephenson el sector está equilibrado, de modo que en la maniobra de la palanca sólo resta que vencer los rozamientos de las piezas del mecanismo, y el más considerable que en marcha resulta del movimiento del distribuidor sobre la tabla de las lumbreras, por la presion que en éste ejerce el vapor.

El elemento más importante de resistencia es, pues, el mismo para los dos sistemas; y para vencerlo se emplea, en algunas máquinas, palancas de cambio de marcha, movidas por un tornillo sin fin (figura 20, lámina 10).

A cambio de las ventajas que quedan señaladas, la distribucion Gooch tiene un inconveniente gravísimo. Es preciso que el tirante articulado sea bastante largo, sino se quie-

re que sean demasiado sensibles las consecuencias de su oblicuidad, como biela, en el movimiento del distribuidor. De modo que no sirve cuando hay una pequeña distancia entre el eje motor y el distribuidor, caso muy frecuente, pues en general es motor el segundo eje.

152. Distribucion Allan.—Para salvar las dificultades de construccion del arco del sector, Mr. Allan lo ha sustituido por una parte rectilínea (figura 5, lámina 12), y el movimiento que el taco *R* del tirante del distribuidor tomaba cuando se levantaba ó bajaba el arco del sector, al maniobrar la palanca de cambio, se obtiene por los movimientos combinados y contrarios de la parte recta *H* y del tirante *T R*; para lo cual la primera se suspende en *Y* con la varilla *Y S*, y el segundo con la $T S_1$, á la palanca $S_1 S$, que gira alrededor de *L* por el intermedio de *L N P*.

Esta distribucion es muy poco usada, por lo que no entramos en más detalles.

153. Distribucion con una sola excéntrica.—Sistema Walschaertz.—El distribuidor recibe un movimiento combinado, no ya de dos excéntricas, como en las distribuciones anteriores, sino de una sola, y del émbolo que sustituye á la segunda.

La excéntrica única ó manivela *T* (lámina 31), está á ángulo recto con el manubrio y lleva una biela *B*, articulada en *C* al arco *C D* que gira alrededor de su punto medio *E*. La varilla *L*, rádio de *C D*, tiene el taco, que puede ocupar posiciones diversas en el arco por medio del mecanismo *a b c*, terminado en la palanca de cambio de marcha *d h*, y por su otro extremo concluye con una horquilla *K* unida al tirante *G* del distribuidor. Para sustituir á la otra excéntrica, la resbaladera *H* lleva el codo *M N*, que se une con la horquilla *P* al tirante *G P*.

La figura 7, lámina 11, representa las piezas por sus ejes, y dá mejor idea del conjunto. Cuando el taco esté en la mi-

tad inferior *E C* del arco, la varilla *D K* obedecerá inmediata y directamente á la manivela *A*: si se encuentra en la mitad superior, los movimientos son inversos; por consiguiente, se podrá alterar el sentido de la marcha levantando ó bajando el taco.

La expansion se variará, á voluntad, colocando el taco en puntos distintos del arco, correspondientes á otros distintos de la palanca de cambio; y como en el sistema Gooch, la variabilidad de expansion no influye en los avances lineales á la admision.

Para darse cuenta exacta de este sistema, téngase presente que el punto *K* se mueve con la manivela y el *M* con el émbolo, de modo que los movimientos del punto *P*, es decir, del distribuidor, dependen de la accion combinada de ámbos: *P M* hace, pues, las veces de arco del sector.

Representemos por *S* y *T* los rádios del manubrio y manivela (figura 8). Los puntos *K* y *M* marcharán en el mismo sentido desde las posiciones 1 y 3 á las 2 y 4, y desde las 4 y 2 á las 1 y 3 en sentido contrario (*).

Como la manivela *A* no se acuñó con avance angular, parece á primera vista que no habrá avance lineal á la admision, y que será preciso suprimir el recubrimiento exterior si no se quiere caer en el defecto señalado en el número **24**; sin embargo, no sucede así: los movimientos combinados de los puntos *K* y *M* hacen que el distribuidor aumente de velocidad en los extremos de su carrera, resultando de aquí el avance, que, como se vé, se debe al émbolo.

Si se pone el taco en el punto muerto, el *K* no se mueve, pero sí el *M*, y por lo tanto el distribuidor: no obstante, los recubrimientos exteriores de éste impedirán la admision de vapor en el cilindro, con tal de que su carrera, es decir, la del punto *P*, no exceda de los límites convenientes, y bajo

(*) Suponiendo el taco en *D*.

esta condicion se calcularán los brazos de palanca *K P* y *K M*, pues á ellos son proporcionales los caminos recorridos por *P* y *M*, siendo el de este último conocido tambien é igual á la carrera del émbolo.

La distribucion de Walschaertz, muy usada en Bélgica, lo es mucho ménos en España: sólo está empleada en la actualidad en las locomotoras sistema Vaessen, que hacen el servicio en la línea de Alar á Santander.

El sistema generalmente empleado es el Stephenson.

Tambien se obtiene la expansion variable por medio de un doble distribuidor, como sucede en los sistemas de Saulnier, Gonzembach, Meyer y Farcot; pero no son empleados en las locomotoras por su complicacion y sólo se usan generalmente en las máquinas de vapor de pequeña velocidad.

CAPÍTULO V.

VEHÍCULO.

ARTÍCULO PRIMERO.

BASTIDOR.

154. Forma y objeto.—El bastidor es (figura 9, lámina 11), un marco rectangular *T L*, cuyos dos lados mayores *L* son los *largueros*, y los menores *T* los *traveseros* ó *traviesas*, que toman el nombre de *anterior* y *posterior*, segun la situacion que ocupan en la máquina para el observador que, colocado en las inmediaciones del cajon de fuegos, mira á la chimenea.

El objeto del bastidor es cargar sobre los ejes y ruedas el peso de la caldera y mecanismo; y esto se consigue (figura 11), suspendiendo los largueros á la ballesta *B*, por el in-

termedio de los arbolillos ó tensores *P*, trasmitiéndose el peso al eje *L* con la varilla de suspension *G*, que, guiada por las piezas *S*, se aloja en la parte superior *D* del cojinete *H* de la caja de grasa.

Las partes *R* (figura 9), se llaman *placas de seguridad*, y tienen por objeto hacer solidarios, horizontalmente, el bastidor y ejes. En los huecos *a* van los cojinetes, cuyos rebordes (figura 11), abrazan á las guias *E* fijas al larguero del bastidor, de modo que éste sólo puede moverse en sentido vertical por la elasticidad de los muelles *B*.

El cajon de fuego y la caja de humo están unidos al bastidor, y el cuerpo cilíndrico de la caldera se sostiene por los *puentecillos A* (figura 9), que contribuyen á dar mayor rigidez al todo. Tambien se unen á los largueros los cilindros y cajas de distribucion, las paralelas y mecanismo de cambio de marcha: las bielas motrices y barras de excéntrica cargan por uno de sus extremos en el eje motor, y por el otro en los bastidores.

Por cuanto queda dicho se comprenderá el papel importante que desempeña el bastidor en la organizacion de una locomotora: movido el eje motor, lo es tambien el bastidor por las placas de seguridad correspondientes, y las de los otros ejes arrastran á su vez á éstos en su movimiento.

155. Material.—Dimensiones.—Las traviesas son de madera, y los largueros de plancha de hierro de $0^m,025$ á $0^m,035$ de espesor, con partes caladas que, conciliando la ligereza con la resistencia, facilitan el acceso á las piezas del mecanismo interior.

Con objeto de dar ménos peso á las locomotoras, se ha hecho extensivo el empleo del acero Bessemer á los largueros, aunque hasta el presente no se ha generalizado este sistema. Tambien se empieza á dar la forma de doble T á los de hierro.

156. Posicion de los largueros con relacion á las rue-

das.—Los largueros pueden ir situados entre las ruedas ó fuera de ellas; en el primer caso, el bastidor es *interior*; y en el segundo, *exterior*.

Ambos sistemas están en uso, y, como sucede siempre que se aplican á la práctica ideas contrarias, ámbos tienen sus ventajas é inconvenientes, que resumirémos en breves palabras.

Los bastidores exteriores no dan la misma facilidad que los interiores para la colocacion de la caldera. Como el bastidor soporta los cilindros, si éstos son interiores tendrán que avanzarse, ó retroceder el eje delantero, para que no tropiecen con ellos las ruedas. Si los cilindros son exteriores, resulta excesiva la anchura de la máquina, y el brazo de palanca (número **271**), que la hace pivotear alrededor de un eje vertical, aumenta notablemente.

En cambio el bastidor exterior presenta más seguridad para el caso de ruptura de algun eje, cuando tiene lugar, como generalmente sucede, por la cara interna de la rueda; porque ésta, bajo la accion de la carga, se inclina al exterior, y apoyándose sobre el larguero no se cae aunque abandone el carril, y sostiene la máquina. Si el bastidor fuera interior, la rueda se separaria por completo, á no ser que la fractura tuviera lugar por el extremo interior de la mangueta.

Entre otros defectos, tiene tambien el bastidor interior el de presentar dificultades para la colocacion de las ballestas de suspension en el espacio tan estrecho que queda entre el larguero y la caldera, sobre todo cuando ésta es de gran diámetro: sin embargo, predomina su empleo hoy dia.

157. Bastidor doble.—Tambien se emplea un doble bastidor, compuesto de largueros duplicados *A*, *C* (figura 10), entre los cuales se mueven las ruedas, sujetos por piezas trasversales *B*, coronadas por una pequeña plataforma *P*: los puentecillos *M* tienen así mejor asiento.

El larguero exterior carga sobre todos los ejes; el interior sólo sobre el eje motor, con lo cual se le coloca en mejores condiciones de resistencia.

Si los cilindros son exteriores, se pueden acomodar muy sólidamente en los dos largueros de cada lado: cuando sean interiores, como manifiesta la figura, van sujetos solamente al larguero interior *C*.

Las máquinas de cilindros interiores suelen llevar un larguero intermedio, que pasa entre los dos codos del eje motor *H* (figura 13), y va desde la caja de humo á la de fuego. Un muelle, superior ó inferior al eje medio, descarga sobre éste una pequeña parte del peso.

Hemos indicado anteriormente que una de las ventajas del doble bastidor consistia en la mejor reparticion de carga que sufria el eje motor: esta ventaja puede hacerse extensiva á los demás ejes, sin necesidad de bastidor interior, cargándolos por la parte interior de las ruedas por medio de un muelle trasversal. La modificacion conviene principalmente á los ejes anteriores, para prevenir su fractura.

158. Bastidor mixto.—Como su nombre indica, está compuesto de largueros que son interiores para unos ejes y exteriores para otros; lo cual se consigue, cuando son de una pieza, dándoles una inflexion en sentido horizontal. Estos bastidores son poco usados.

158. Aparatos de choque y traccion.—La máquina se encuentra muchas veces en el caso de engancharse al tender de otra (doble traccion) ó á un carruaje ordinario, y necesita proveer su traviesa anterior de los aparatos de choque y traccion, ó *enganches*, correspondientes.

Para los choques posée dos topes, casi siempre elásticos, muy contadas veces rígidos, de forma exterior igual á la de los wagones ordinarios (*): difieren, sin embargo, de éstos, en la

(*) Vallespin. *Material de trasporte.* (Número 28 y siguientes.)

disposicion de la materia elástica, por el pequeño espacio de que aquí se dispone para colocarla. En los wagones, los vástagos de los topes obran sobre una misma ballesta situada en el medio próximamente de la longitud del bastidor: en la locomotora, los topes son completamente independientes, con materia elástica propia.

Sistemas más en uso:

1.° (Figura 1, lámina 13.) Doble ballesta *A*: sobre las anteriores *A'* actúan las barras de los topes *B*, cuyas cajas exteriores *B'*, tanto en este como en los demás casos, se aseguran con pernos á la traviesa *T*.

2.° La caja contiene redondelas de caoutchouc volcanizado que trabajan por compresion (figura 3).

El cuerpo del tope *A*, tiene una varilla *b* que atraviesa las redondelas y se termina detrás de ellas en parte roscada, sujeta con una tuerca *c* que sirve para graduar la elasticidad.

3.° Las redondelas de caoutchouc (figuras 6 y 7, lámina 13), se sustituyen con una lámina de acero en espiral cónica *A*, de seccion rectangular, que hace de resorte; la varilla *b* y tuerca *c*, desempeñan el mismo papel que sus homólogas de la disposicion anterior. (Véase, tambien, la figura 5, lámina 13.)

4.° Platillos tronco-cónicos de acero *A* (figura 9, lámina 15), unidos por sus bases.

El primer sistema se desarregla con facilidad: los segundo y cuarto son de entretenimiento económico, pues roto un elemento, redondela ó platillo, es fácilmente sustituido por otro sin necesidad de renovar el todo, como sucede en el primero y tercer sistema. El tercero dá, en poco volúmen, mucha elasticidad. Son preferidos generalmente los segundo y tercero. Las figuras 11 á 13, lámina 29, representan las cajas y cabezas de los topes de las máquinas del Norte de España.

Para la traccion, se fija en el medio de la traviesa delantera un enganche compuesto del gárfio *A* (figura 10, lámina 15), y tensor compuesto de dos eslabones ó *grilletes B* y *C*, con tuercas móviles *b* y *c* en que penetra el tornillo *D*, cuyas mitades tienen los filetes en sentido inverso. La palanca *E* maniobra el tornillo ó tensor; el grillete *B* pasa por el agujero *H* del gárfio *A*; el *C* se engancha al gárfio análogo de la zaga del vehículo precedente, que á su vez posée otro enganche igual cuyo tensor puede ligarse á *A*. Resulta, pues, un doble enganche, como en los wagones; pero sólo se emplea uno, dejando el otro de reserva.

Con objeto de obtener la elasticidad tan necesaria en estos aparatos, especialmente al emprender la marcha ó en los aumentos rápidos de velocidad, si se quieren evitar las sacudidas bruscas, se emplean medios idénticos á los ya descritos para los topes. Las figuras 1 y 2, lámina 13, así lo manifiestan. Los resortes del enganche son independientes de los que corresponden á los topes, inversamente á lo que ocurre en los wagones por la distinta organizacion de los bastidores.

En algunos casos (figura 5), el gárfio de traccion delantero no lleva resorte, por impedirlo la pequeñez de la distancia que separa la traviesa de la caldera. No por esto resulta completamente rígido el enganche, porque el gárfio ó *corchete de traccion* posterior del tender y wagones, está provisto de materia elástica.

160. Aparatos de choque y traccion de la parte posterior de la máquina.—Los topes están formados con dos planchas gruesas de hierro (número 2, figura 1, lámina 4), adosados á la traviesa. (En las locomotoras-tender, son de la forma ordinaria, figura 1, lámina 13.)

No hay corchete de traccion: el grillete está sustituido con la horquila *C C'* (figura 4, lámina 13), terminada en barra *E E'*, con un ojo *O* para el pasador *D*: para mayor se-

guridad, la union no tiene lugar en la misma traviesa trasera, sino en dos puentes de plancha de hierro (4-28', lámina 3), que, adosados interiormente á ella, ocupan la anchura del bastidor, cosiéndose á los largueros.

Los *enganches* descritos son los de más frecuente adopcion, porque á las condiciones generales de solidez, economía, elasticidad y flexibilidad de sus articulaciones, á que todo sistema de esta especie debe satisfacer, reunen la muy apreciable, en el caso presente, de poco volúmen.

161. Cadenas de seguridad.—Son la reserva de los enganches para el caso de fractura: hay dos, *A* y *A'* (figura 2, lámina 4), á uno y otro lado del aparato de traccion.

162. Abrigo para el maquinista.—Se limita á un toldo que cubre la plataforma posterior de la máquina: en el extranjero forman pequeños gabinetes con paredes laterales provistas de cristales y cortinas. Sin entrar en exageracion de lujo y comodidad, perjudiciales á la vigilancia, debiera resguardarse al maquinista de la lluvia y viento, para conciliar, dentro de los límites prudentes, la seguridad y comodidad.

ARTÍCULO II.

SUSPENSION.

163. Muelles ó ballestas.—El bastidor, con todo el peso que soporta, no puede descansar directamente sobre los ejes; porque siendo, en este caso, rígidos los apoyos, se trasmitirian á él con toda su intensidad los más pequeños choques que experimentasen las ruedas, por las desigualdades de la vía, produciéndose movimientos bruscos y repentinos, sumamente perjudiciales á la estabilidad y conservacion de la máquina. Se hace, pues, preciso disminuir todo lo posible la rigidez de los apoyos, y á este fin conviene colocar entre

los ejes y el bastidor *muelles* ó *ballestas* que, absorbiendo por su elasticidad la mayor parte de la intensidad de los choques, trasmitan éstos dulcificados y con mayor lentitud al bastidor, regularizando sus movimientos. La suspension del bastidor sobre los ejes se indicó sucintamente en el párrafo **154**.

Las ballestas se componen de hojas de acero superpuestas (figura 6, lámina 13), escalonadas, generalmente, desde la tercera ó cuarta, presentando así en proyeccion vertical la forma de sólido de igual resistencia.

Otra disposicion ensayada en las ballestas, aunque no generalizada (figura 8), ha sido la de hacer todas las hojas de igual longitud, dándoles, en proyeccion horizontal, la forma de sólido de igual resistencia. Tanto en ésta como en la anterior disposicion, todas las hojas se abrazan en su parte media (figura 11, lámina 11), por una caja *A* colocada al extremo de la varilla de suspension. Se llama *maestra* la hoja superior de las que componen una ballesta.

El metal exclusivamente empleado en la construccion de los muelles es el acero y empieza á introducirse el uso del Bessemer.

164. Elasticidad de los muelles.—La elasticidad que deben tener los muelles depende de la carga que hayan de soportar los ejes, y tambien de la amplitud máxima que es posible conceder á las oscilaciones del bastidor y carga con él suspendida. Esta última condicion fija el límite superior de elasticidad admisible, que no es de ningun modo prudente rebasar, porque se corre el riesgo de que se rompan ó doblen algunas piezas, tales como las bielas motrices, barras y collares de excéntrica, que dependiendo del eje por un extremo siguen en su movimiento el perfil longitudinal de los carriles, miéntras que por el otro, perteneciendo á la parte suspendida, oscilarán con ella acaso más de lo que la rigidez de estas piezas pueda permitir.

El exceso de elasticidad de los muelles trae consigo otro

inconveniente, cual es el de producir movimientos laterales y longitudinales en la caldera, áun en el caso de marchar por buena vía; y estos movimientos anormales, no sólo perjudican la estabilidad de la máquina, sino que alteran mucho la reparticion de carga sobre los ejes.

Estas consideraciones fijan como máxima amplitud de la oscilacion producida por la elasticidad de los muelles, la de 2 ó 3 centímetros.

Los elementos de que puede disponerse para variar entre límites bastante extensos la elasticidad de los muelles, son: en primer término, la naturaleza y temple del metal, y despues, el número y espesor de las hojas, así como la flecha de curvatura en la fabricacion.

165. Distintas clases de muelles.—1.ª Los espárragos *P* (figura 11, lámina 11), terminan por su parte inferior en una horquilla *O* que abraza al bastidor, y su otro extremo, roscado, penetra por unos taladros abiertos en los extremos de las hojas superiores de la ballesta: los taladros son de forma oval, en sentido de la longitud del muelle, para que en todas las posiciones de éste, al variar de curvatura, pueda alojarse el espárrago sin romperse.

Las hojas maestras tienen los resaltos *n*, que aumentan la resistencia, compensando la debilidad producida por el taladro, y sirven además para asegurar los anillos *b*, que impiden los desplazamientos del espárrago dentro del óvalo. Las tuercas de sujecion y seguridad *d*, sirven para asegurar la ballesta y para variar la reparticion del peso, templándolas más ó ménos al efecto.

2.ª *Norte de España.*—Las hojas maestras no están taladradas, uniéndose los arbolillos (lámina 23) á los extremos de la ballesta por medio de unas garras, colocándose las tuercas de aprieto y sujecion en el extremo inferior.

3.ª En este sistema (figura 6, lámina 13), muy frecuente en las máquinas de bastidor exterior, las hojas maestras lle-

van un grueso de metales *a* en sus extremos, con un taladro para introducir un pasador que asegura el arbolillo, el cual consta de dos partes roscadas *b* y *c* de filetes inversos. Esta disposicion exige un trabajo muy complicado para la hoja maestra.

166. Posiciones diversas de las ballestas.—Hay que tener en cuenta la posicion del bastidor con relacion á las ruedas, pues debiendo alojarse las ballestas en el espacio que queda entre la caldera y el bastidor, no es indiferente la situacion de éste al interior ó exterior. Las varillas de suspension van generalmente por dentro del bastidor.

Bastidor interior.—Si la máquina es de ruedas pequeñas, puede elevarse moderadamente la caldera sin peligro de que resulte el centro de gravedad á excesiva altura y con las malas condiciones de estabilidad consiguientes. Esta combinacion deja bastante espacio, entre el bastidor y la caldera, para alojar los muelles de los ejes delanteros, como indica la lámina 23; pero si la máquina, por ser de gran potencia y velocidad, tuviese ancha caldera y ruedas de gran rádio, faltaria espacio para la colocacion de las ballestas, en cuyo caso se colocan por la parte inferior de las cajas de grasa, como indica la figura 10, lámina 13. En todos casos, los muelles del último eje, próximo al cajon de fuegos, son difíciles de colocar, porque las paredes planas de éste lo dificultan. Cuando así suceda, puede emplearse cualquiera de las dos soluciones siguientes: colocar los muelles por la parte inferior, como acaba de indicarse, y volarlos sobre un pequeño larguero adicional al bastidor, ó, finalmente, colocar un pequeño larguero trasversal (figura 7) debajo de la caldera, que comprenda las dos cajas de grasa del eje. Este es el sistema seguido en las máquinas Crampton. Cuando los largueros son de doble T y no se quiera taladrar los nervios de la T para dejar paso á las horquillas de los arbolillos, se ponen las zapatas *A* encima, y á ellas se articulan aquellos (figura 9).

Bastidor exterior.—En este caso hay espacio suficiente para la colocacion de los muelles en todos los ejes, empleándose la disposicion ordinaria (figura 11, lámina 11); sin embargo, cuando por cualquier circunstancia se desee dejar libre completamente la cara superior de los largueros, se trasladan las ballestas á la parte inferior.

167. Inconvenientes del método de suspension expuesto.—En este método, como se ha dicho ya, las ballestas se unen al bastidor independientemente unas de otras, resultando el inconveniente de no permanecer inalterables las cargas que cada eje debe soportar, cuando, por variar la posicion del centro de gravedad y la elasticidad de los muelles durante la marcha, varían las condiciones estáticas de la reparticion del peso suspendido. Este inconveniente es grave; pues determinándose la carga de cada eje, no solamente por su resistencia, sino por las funciones que en el vehículo desempeña, es decir, por la adherencia en el eje motor y por la estabilidad de la máquina sobre los carriles en el eje delantero, fácilmente se comprenden las consecuencias de variar estas cargas en más de lo que permita un cierto límite.

La reparticion primitiva, suponiendo la máquina parada, depende exclusivamente de la posicion del centro de gravedad respecto de los ejes; si esta posicion no alterase durante el movimiento, ni de sus alteraciones resultasen esfuerzos que modificasen la elasticidad primitiva de los muelles, indudablemente el método de suspension por ballestas independientes sería perfecto, al ménos bajo el punto de vista de asegurar una adherencia y estabilidad constantes en la locomotora. (Capítulo VIII.)

Pero existen ciertas causas que alteran las condiciones primitivas de la máquina, y estas causas son las siguientes:

1.ª *Presion del vapor sobre los émbolos.*—El efecto inmediato de esta presion es recargar el eje motor.

2.ª *Inclinacion de los cilindros.*—La componente vertical de la presion del vapor en las tapas de los cilindros, si son inclinados, aumenta y disminuye alternativamente la carga en la parte anterior del bastidor y altera la reparticion (número **272**).

3.ª *Consumo de la máquina en agua y combustible.*—Fácil es ver que variará con esta causa la posicion del centro de gravedad del peso suspendido y con él la reparticion de la carga.

4.ª *Inclinacion del perfil longitudinal de los carriles.*—Variará con ella la posicion del centro de gravedad, por acumularse el agua en la parte posterior de la caldera, cuando la máquina marcha en rampa, y en la parte anterior cuando camina en pendiente: de aquí que altere la reparticion.

5.ª *Cambios de velocidad.*—Esta causa influye poco sobre la variacion de posicion del centro de gravedad, porque son necesarios cambios muy bruscos para que se acumule el agua, dentro de la caldera, hácia una ú otra parte.

6.ª *Esfuerzo de traccion.*—Si el esfuerzo pasase por el plano horizontal que contiene al eje motor, no modificaria la reparticion; pero como su direccion, en general, es superior ó inferior á dicho eje, resulta que el bastidor se halla sometido á dos fuerzas paralelas y directamente opuestas: primera, esfuerzo de traccion, y segunda, resistencia, á la traccion, del tren remolcado; de ambas fuerzas se origina un par que hace bascular la máquina hácia adelante ó hácia atrás, segun que el esfuerzo de traccion se halle sobre la resistencia ó debajo de ella. Alterará, por consiguiente, la reparticion.

7.ª *Influencia de los movimientos relativos de las piezas.* Si bien existen disposiciones particulares que tienden á anular por completo los efectos de esta influencia sobre el centro de gravedad, no por ello se consigue hacer desaparecer por completo los movimientos anormales que adquiere la

máquina, por estas causas, y la variacion que resultará de ello en la reparticion (número **271**).

Estas causas concurren todas á producir un cambio de posicion en el centro de gravedad, y como estos desplazamientos no tienen lugar sin que se trasmitan esfuerzos del bastidor á los ejes, por intermedio de las ballestas ó de los ejes al bastidor, segun sean las causas que producen estos desplazamientos, se comprende que las ballestas se hallen durante la marcha de la locomotora sometidas contínuamente á esfuerzos anormales no constantes, que acabarán por alterar su elasticidad en grados diferentes; de lo cual resultará una nueva causa de alteracion en la reparticion. Dos son, pues, en resúmen las causas de alteracion en las cargas de los ejes: primera, variacion del centro de gravedad, y segunda, cambio de elasticidad en las ballestas.

No pudiendo evitarse con la suspension por muelles independientes los efectos de estas causas, se hace necesario modificarla.

Esto se consigue, en parte, haciendo solidarias las ballestas, de modo que los cambios de elasticidad que sufran no alterarán en nada los esfuerzos á que cada una deba estar sometida, puesto que esta union ó enlace permitirá que las más cargadas por esfuerzos anormales trasmitan, á las que resulten con ménos carga de la que deben soportar, dichos esfuerzos, resultando inalterables los que primitivamente sufrian, y, por lo tanto, las cargas sobre los ejes. En cuanto á la alteracion sufrida por el cambio del centro de gravedad, no es posible evitarla con este medio, puesto que para conseguirlo sería necesario que alterase la relacion constante de los esfuerzos que primitivamente obraban sobre los muelles, y como esta relacion es constantemente la misma á causa de la solidaridad de las ballestas, no puede esta solidaridad proporcionar el medio de hacer inalterables las cargas cuando varía el centro de gravedad: sin embargo, como

los desplazamientos de este centro son bastante pequeños siempre, para que puedan ejercer una influencia poderosa sobre la reparticion, se prescinde de la alteracion que produzca en las cargas primitivas de los ejes y no se atiende más que á evitar en lo posible la que origina el cambio de elasticidad de las ballestas.

Como se vé, la solidaridad de los muelles no remedia por completo el inconveniente de una alteracion de carga sobre los ejes, pero en cambio proporciona además de la ventaja de encerrar dicha alteracion entre ciertos límites, la mayor de hacer independiente de la voluntad del maquinista la reparticion de la carga.

168. Balancines longitudinales.—El medio de solidaridad empleado generalmente es el representado en la figura 23, lámina 13: *A B* es el bastidor y *C*, *D*, *E*, las ballestas. Los arbolillos *m n* y *p q* de dos ballestas contíguas se unen á los extremos de una palanca *n q*, cuyo punto de giro *o* se fija al bastidor y cuyos brazos *n o* y *o q* tienen longitudes determinadas por los esfuerzos normales que los extremos *m* y *p* deban soportar. Se comprende fácilmente que si por perder elasticidad la ballesta *D*, ó por elevar el maquinista el tensor *p q*, descendiese el punto *p*, no por eso se alterarian los esfuerzos en los extremos *m* y *n*, pues siempre se hallarian en la relacion marcada por los brazos de palanca *o n* y *o q*, cualquiera que fuese la posicion de ésta. Téngase presente que en estas consideraciones no se cuenta con la variacion del centro de gravedad del peso suspendido.

Es evidente que colocando un balancin *n q* en cada inter-eje se harian inalterables los esfuerzos que sufriesen todas las ballestas, pero no es necesario emplear tantos balancines como inter-ejes, puesto que en el caso de ser éstos dos, basta en realidad con un solo balancin.

Efectivamente: en cada muelle debe existir equilibrio entre las fuerzas aplicadas á sus extremos y la reaccion de

la brida en el punto medio de la ballesta; y como los brazos *Dp* y *Ds* son iguales, y la elasticidad puede suponerse la misma en los puntos *p* y *s*, dichas fuerzas serán siempre iguales, de modo que cuando una de ellas se conserve inalterable, la otra lo será tambien. Ahora bien, por medio del balancin *nq*, áun cuando varíe la elasticidad de la ballesta *D* ó de la *C*, siempre serán los mismos los esfuerzos en *p* y *m*, y por consiguiente los en *r* y *s*, de modo que las cargas primitivas sobre los ejes *F* y *G* subsistirán siempre y con ellas la que sufre el eje *H*, á lo que es consiguiente, inalterabilidad en la reparticion.

En el caso de disminuir la elasticidad del muelle *E*, cargará el bastidor más de lo normal sobre el punto *s* y ménos sobre los *r* y *m*, puesto que deberá girar alrededor de un cierto eje paralelo al eje motor y muy próximo á él: en este caso, los esfuerzos en los puntos *r*, *m*, *p* y *s*, sino rigorosamente inalterables, podrá suponerse que lo son, compensándose el exceso de carga que sufre el punto *s* con el alivio que en ella experimentan los *r*, *m* y *p*; compensacion ya indicada por la igualdad de esfuerzos en los extremos de una misma ballesta. Las cargas podrán variar, pero no lo bastante para que haya inconvenientes en suponerlas inalterables, puesto que, como ya se ha indicado, los desplazamientos del centro de gravedad, consiguientes á los del bastidor, nunca tienen una influencia poderosa en la reparticion.

La colocacion de los balancines en todos los inter-ejes no presentará, pues, más ventajas que las ya obtenidas con un balancin ménos, y en cambio se origina el inconveniente de no poderse establecer el equilibrio, á cada desplazamiento del centro de gravedad, sin violentar las articulaciones de los arbolillos con los balancines, desarrollándose en ellas grandes rozamientos que impiden su libre juego. Este inconveniente, nacido de la mayor flexibilidad del sistema de suspension, y por consiguiente de la mayor facilidad en los

movimientos laterales de la máquina, se atenúa en gran parte, y deja de ser sensible, suprimiendo uno de los balancines.

169. Disposiciones más generales de los balancines.—Los muelles de suspension pueden funcionar algunas veces como balancines: tal sucede en las máquinas Crampton (figura 13), en las que un solo muelle reemplaza á las dos ballestas ordinarias. Si además se verifica la suspension en el eje trasero, con una ballesta trasversal, todo el peso resultará suspendido sobre tres puntos, que son los medios de las tres ballestas, y entónces la carga estática será invariable, no sólo sobre cada eje, sino dentro de cada uno de ellos sobre las dos ruedas. Además, la carga es independiente entónces de las desigualdades de la vía, que tan perniciosa influencia ejercen sobre la reparticion cuando los muelles son independientes.

El empleo de la misma ballesta, como balancin longitudinal, rara vez es aplicable, porque la mucha separacion de los ejes hará dar á aquella una gran longitud y escuadría, pero se puede remediar este defecto combinándola con una doble viguetilla *A* (figura 14), que hace de gualdera.

En el caso de no haber espacio suficiente entre la caldera y el bastidor, se adoptaria la disposicion que indica la figura 15.

A más de estas se han dado á luz otras muchas combinaciones, de las que sólo citarémos la indicada en la figura 16; como se vé, el balancin y una de las ballestas han cambiado de lugar.

170. Balancines trasversales.—Al comprobar con las básculas las cargas que sufren los ejes de una locomotora, no sólo se hallan diferencias notables entre las que realmente soportan y las que primitivamente se les asignaron al verificar la reparticion, sino que además se vé no subsisten siendo iguales las que corresponden á las dos ruedas de un

mismo eje. Los inconvenientes que de estas diferencias resultan pueden remediarse colocando balancines trasversales por debajo de la caldera y que conjuguen las dos ruedas de cada eje. Generalmente no se establece más que un solo balancin trasversal, el que corresponde al eje motor.

171. Objeto alcanzado con los balancines.—Este método de suspension, en parte solidario y en parte independiente, no hace invariable la reparticion de las cargas, por el balancin longitudinal: si bien esta variacion, producida por los balancines trasversales, se halla comprendida entre límites fáciles de establecer y determinar, no por eso deja de constituir un defecto en el método de suspension, cuando éste tiene por principal objeto asegurar la invariabilidad de la carga sobre cada eje.

172. Cajas de grasa.—Objeto.—Las cajas de grasa envuelven las manguetas de los ejes, trasladándoles, por el intermedio de las varillas de presion, el peso de la locomotora. Estando comprendidas entre las placas de seguridad, las correspondientes al eje motor comunican al bastidor el movimiento de traslacion que reciben inmediatamente, miéntras que en los ejes restantes sucede lo contrario; las placas arrastran las cajas y éstas á su vez las manguetas.

173. Descripcion.—Una caja de grasa se compone (figura 19, lámina 13): primero, de la *caja* propiamente dichaa *c r c*, que envuelve el todo; segundo, del *cojinete e e*, que sirve de muñonera á la mangueta del eje; tercero, del *guardapolvo m*, que tapa la parte inferior de la caja impidiendo la interposicion de granos de arena entre las partes frotantes.

La caja propiamente dicha consta de dos paredes laterales *c*, con rebordes ó pestañas *h* (corte por *C D*), que envuelven la placa de seguridad sirviendo de guias en los movimientos verticales, y una tapa ó *sombrero r*, resultándole la forma de U invertida. En el centro del sombrero ó meseta hay una cavidad *p*, para recibir el extremo inferior de la va-

rilla de presion, y á su lado otras dos *t*, que hacen de aceiteros, con tubos *s* de boca superior al nivel ordinario del aceite, y en los que se alojan pequeñas mechas de engrase que lo conducen al cojinete, haciendo de sifones. Los rebajos *p* y *t* se cubren con una chapa movible de palastro.

El cojinete *e e* tiene interiormente, es decir, en la parte que apoya sobre la mangueta, la forma cilíndrica, de base semicircular, y al exterior la prismática, con pestañas en el perímetro de las dos bases para asegurarse á las caras anterior y posterior de la caja (véase *M*, figura 18). Es, pues, un *semicojinete:* la mitad inferior suprimida, es, en efecto, completamente inútil; pues no estando apoyada sobre el eje por la accion de fuerza alguna no trabajaria, miéntras que la superior recibe la parte del peso total de locomotora que le corresponde.

Lleva para el engrase unos orificios que corresponden con los superiores *s* de la caja (figura 19), y desembocan en las canales ó *patas de araña s'* (corte por *A B*), labradas en la parte cilíndrica.

Cuando el cojinete no tiene pestañas (figura 21), se asegura á la caja por medio de la espiga *a*. En todos casos las bases de la parte cilíndrica no terminan nunca en arista viva, sino que se redondean (*k*, figura 19), pero procurando siempre que esta parte tenga una superficie anular de contacto con los anillos *k* de la mangueta (figura 17, corte por *C D*), de 0^{m},020 de altura cuando ménos, para precaver los movimientos de la caja de grasa á lo largo del eje.

Los bordes inferiores *i* del cojinete (figura 19), no descienden nunca por debajo del plano horizontal *C D* que contiene al eje de la mangueta; y cuando llegan á dicho límite, presentan los rebajos *i* para que ésta no tropiece con ellos al calentarse y dilatarse por efecto del rozamiento, si el engrase es defectuoso ó incompleto.

El *guardapolvo* puede tener dos formas distintas:

1.ª Igual á la del cojinete (*m*, figura 19), pero de manera que la superficie cilíndrica no toque á la mangueta.

2.ª Más general es la forma de cubeta, hueca (figura 17, corte por *A B*, y figura 18, *N*), sirviendo de depósito al aceite que gotea; de modo que con una esponja ó cepillo colocado en esta parte, se podria devolver á la mangueta parte del aceite desprendido, y la lubrificacion sería más completa.

El guardapolvo hace las veces de tapa inferior de la caja de grasa, uniéndose á sus paredes laterales con los pasadores *n* (figura 19), que se terminan en las caras exteriores de aquella, en contacto con las guias. Sin embargo, con este procedimiento, para quitar el guardapolvo hay necesidad de sacar la caja de entre las placas de seguridad; y para efectuarlo sin desmontarla se emplean los pasadores de la figura 21, compuestos de dos mitades *m* y *n* unidas á medio hierro con un perno. Las figuras 7, 8 y 9 de la lámina 29, representan las cajas de grasa de las máquinas de mercancías del Norte, de ocho ruedas acopladas.

174. Metales.—El cojinete es de bronce, con 82 partes de cobre, 28 de estaño y de 1 á 3 por 100 de zinc. Las cajas fueron en un principio de fundicion, posteriormente de hierro y en la actualidad se ensaya el acero Bessemer. Si la caja forma cojinete, es toda de bronce.

La fabricacion de las cajas de hierro es sencilla: á una pieza *A*, de dimensiones convenientes (figura 22), se le dá la forma *B*, con las ranuras y pestañas necesarias; se divide por la mitad, se sueldan las partes *C*, y sólo resta labrar en la cara superior las cavidades para los aceiteros y varilla de presion.

El guardapolvo es de bronce cuando la caja es de este material: en los demás casos se emplea la fundicion.

Si la caja de grasa va al exterior, por serlo el bastidor, las formas son más complicadas, como verémos, y hay nece-

sidad de fabricarlas con metal fundido, fundicion de hierro ó bronce, en moldes especiales.

175. Distintos tipos de cajas de grasa.—En las de los wagones (*) se ha ejercitado la inventiva de los ingenieros para hacerlas automotoras, y que proporcionando un buen engrase exijan poca vigilancia; pero en las locomotoras han sufrido muy pocas modificaciones, porque la vigilanci acontínua del maquinista evita los peligros consiguientes al enrojecimiento de las manguetas por falta de lubrificacion.

Asíes que en cuanto á la composicion, las variantes se limitan á la supresion del cojinete, cuyas funciones llena la misma caja, que es en este caso de bronce, de una sóla pieza.

La principal diferencia, en lo que se refiere á la forma, estriba en la posicion de los largueros del bastidor al interior ó exterior de las ruedas. En este último caso la mangueta y caja van tambien al exterior, y la segunda lleva la tapa lateral *d* (figura 7, lámina 14), con la holgura suficiente para el movimiento del reborde *n*: *a* es el cojinete, *m* el guardapolvo y *b* el asiento de la varilla de presion. En el tipo que la figura representa, el engrase se hace por la parte interior *r*, y en *s* se coloca un cepillo que por medio de ligeros resortes apoya sobre la mangueta lubrificándola.

Cuando á pesar de ser exterior el bastidor (figura 3), el eje se prolonga para acoplarse con otro ó recibir una muñequilla *N* de excéntrica, la tapa anterior *d* no existe.

Si el bastidor es doble, hay dobles cajas de grasa, por lo ménos en el eje motor.

176. Guias.—Para mantener á las cajas de grasa en la posicion debida, recordando que su espesor es mucho mayor que el de la chapa de hierro de las placas de seguridad, se ponen las *guias E* (figura 11, lámina 11).

Si el bastidor consta de dos planchas *a* (figura 19, lámi-

(*) Vallespin: *Material de trasporte.* (Número 12.)

na 13, corte por *C D*), las guias tienen la seccion *b* y se aseguran á *a* con los pernos *u*; pero siendo de una sola pieza *a'* (figura 17, corte por *C D*), se forman con hierros en escuadra *a b*, fortalecidos con los refuerzos ó nervios *c*. (Véase figura 11, lámina 11).

Perpendicularmente al bastidor (figura 19, lámina 13, corte por *C D*), las pestañas *h* de la caja de grasa abrazan perfectamente á las guias: solamente en las máquinas destinadas á recorrer curvas de pequeño rádio, se deja alguna holgura para que la caja pueda moverse, con la mangueta, trasversalmente. En general deben estar en contacto siempre las caras verticales *c* y *b*, pues de lo contrario se engendrarian choques que originarian la fractura de ambas piezas.

Para conseguir la constante union que se desea se interponen las cuñas *n* (figura 17), llamadas tambien llaves de aprieto ó sujecion, terminadas inferiormente en una pequeña varilla roscada que penetra en la tuerca *m*, fija al bastidor; las tuercas *t* sirven para graduar la presion, manteniendo la cuña en sus diversas posiciones.

La llave *n* tiene su parte más ancha en la inferior, porque de lo contrario, en el caso de aflojarse las tuercas *t*, podria descender por su propio peso y acuñar tal vez más de lo preciso.

La figura 11 de la lámina 11 presenta la perspectiva de la caja de grasa, con la llave de sujecion *F* y tuerca *m* para templarla.

ARTÍCULO TERCERO.

EJES Y RUEDAS.

177. Ejes.—Se distinguen con los nombres de *rectos* y *acodados, ordinarios* y *motores:* la primera clasificacion es

debida á la forma; la segunda al papel que desempeñan en el vehículo.

Los ejes rectos pueden ser motores ú ordinarios, miéntras que los acodados sólo se emplean como motores en determinadas circunstancias.

178. Forma.—Ejes rectos.—Los ejes rectos son motores ú ordinarios, y constan de las siguientes partes (figura 4, lámina 25): un cuerpo *A*, de forma cilíndrica ó ligeramente tronco-cónica á partir de su punto medio; de la mangueta *B* que lleva la caja de grasa, sobre la cual, y por el intermedio de la varilla de presion y las ballestas, carga el peso del bastidor y con él el de la caldera y cilindros; finalmente, una parte cilíndrica ó espiga *C*, que enchufa á frotamiento muy fuerte con el cubo de la rueda. Estas divisiones están separadas por pequeños resaltos, cuyas aristas vivas conviene matar, pues se ha observado que son un motivo de ruptura de los ejes.

En cuanto á la situacion relativa de estas partes, se debe advertir que no es la misma en todos los casos. Si el bastidor es interior á las ruedas, las cajas de grasa deben ser tambien interiores, y el eje presentará en su conjunto la forma que indica la figura que se acaba de citar; pero si el bastidor es exterior á las ruedas, la mangueta *B* tambien lo es.

Puede suceder que el bastidor sea doble, y entónces algunos, si no todos, los ejes tienen dos manguetas *C* y *C'* (figura 14, lámina 11).

En los ejes motores, cuando la distribucion es interior, y hácia su medio, van acuñadas las excéntricas.

179. Ejes acodados.—Cuando los cilindros son interiores, el eje motor tiene que ser acodado, ó de berbiquí (figura 13): los dos codos ó manubrios *B*, *B'* están á ángulo recto; el cuerpo *E E'* y las manguetas *C C'*, juntamente con las espigas de enchufe con las ruedas *A*, *A'*, completan el eje. Entre los dos codos van las excéntricas, si la distribucion es

interior, y del mismo modo que en los ejes rectos, la situacion de las manguetas depende de la del bastidor.

Los codos son un motivo de debilidad para el eje por los grandes esfuerzos de torsion á que está sometido; así es que duran ménos que los ejes rectos, efectuándose casi siempre la ruptura en los codos. Sin embargo, aumentando la escuadría en estas partes y forjándolos cuidadosamente, se ha logrado aproximarse á las condiciones de igualdad de resistencia que se deseaba, y la ruptura tiene lugar, muy á amenudo, en el cuerpo.

El forjado de los ejes rectos es el mismo que el de todas las gruesas piezas de hierro y exige solamente martinetes de bastante potencia: el de los ejes acodados es mucho más difícil, como se comprenderá fácilmente examinando su forma: hay, sin embargo, un medio de simplificarla, aunque sólo servirá para las máquinas de bastidor exterior, utilizando el cubo de la rueda como una de las ramas del codo (figura 12, lámina 11); el eje se denomina entónces *eje Martin*.

180. Metal.—Generalmente el hierro es el metal empleado en la fabricacion de los ejes: hace algun tiempo se empezó á aplicar el acero fundido, aunque sin gran resultado; pero en la actualidad, en Inglaterra, Bélgica é Italia, se ha extendido mucho el uso del acero Bessemer, con satisfactorio éxito.

181. Dimensiones.—En un principio se dió á los ejes débiles dimensiones de escuadría, que produjeron numerosos accidentes en la explotacion de las líneas; pero más tarde, con la gran perfeccion alcanzada en la maquinaria de los talleres, se consiguió forjar piezas más gruesas y aumentar aquellas dimensiones, de modo que los accidentes de este género van siendo cada vez más raros.

No se pueden fijar números en las dimensiones trasversales de los ejes: su determinacion es hasta ahora empírica,

sobre todo en los acodados, y sólo se procurará darles un exceso de resistencia.

La figura 13 representa un eje acodado de acero Bessemer, en una máquina de cilindros interiores, distribucion exterior y ruedas acopladas.

Cuando las manguetas son interiores tienen mayor diámetro: si son exteriores no se debe disminuir demasiado éste, pues se correria el peligro de que la presion sobre unidad de superficie resultase excesiva, y en este caso las materias lubrificantes son expulsadas de las partes en contacto y los metales se enrojecen con mucha facilidad por el rozamiento.

La carga que las manguetas pueden soportar varía con la velocidad: si ésta es grande puede recibir de 12 á 15 kilógramos por centímetro cuadrado, y para las pequeñas, de 15 á 18 kilógramos.

182. Duracion.—La duracion de los ejes se cuenta, como en otras muchas piezas de la locomotora, por el camino recorrido, en kilómetros.

Muy variables son los datos que la experiencia proporciona, áun para ejes salidos de las mismas fábricas y procedentes de los mismos minerales; así es que sólo pueden darse términos medios que forman una idea aproximada, pero nunca precisa, de lo que se desea saber.

Para los ejes rectos 250.000 kilómetros y para los acodados 150.000, representan una regular duracion. Hay ejemplos de ejes que recorrieron 520.000 kilómetros, miéntras que otros no llegaron á 1600.

183. Separacion de los ejes.—La posicion de los ejes con respecto al centro de gravedad de la caldera, ó lo que es lo mismo, su separacion, depende de la reparticion del peso entre ellos, la cual obedece á su vez á razones de estabilidad de la máquina y de resistencia de los ejes y ruedas, como ya verémos más detalladamente en el capítulo VIII.

184. Ruedas.—Son los soportes del vehículo, á quien proporcionan el movimiento de traslacion. Las que están en conexion directa con los émbolos, se llaman *motrices;* las anteriores, *delanteras* ó *directrices; traseras* las posteriores, é *intermedias* las restantes, si las hay.

Las ruedas constan, de *cubo*, *rádios* ó *rayos*, *aro* y *llanta*; la composicion es, pues, análoga á la de las ordinarias (*), así como la mision de cada elemento, con ligerísimas variantes.

El cubo *C* (figura 4, lámina 14), sirve de alojamiento al eje *F*, acuñado con las llaves *c*, y recibe los rayos *L* que trasmiten á la vía el peso del bastidor. El aro *A* hace el oficio de las *pinas* de la carretería; reune y liga entre sí á los rayos. Por último, la llanta *R* consolida el todo y con las *pestañas h* mantiene en carriles á las ruedas.

185. Carga estática.—El cubo, aro y llanta, están sujetos á presiones que no deben exceder de cierto límite, si se quiere evitar su aplastamiento y el de los carriles de apoyo.

No puede fijarse con exactitud el límite de carga, porque hay várias circunstancias que lo pueden modificar; tales son la naturaleza del metal, el diámetro de la rueda, velocidad, etcétera; pero en general no es mayor de 11 á 12 toneladas por eje, ó sea, 5'5 á 6 en cada rueda; á no ser en máquinas de gran peso y número reducido de ejes para el mejor paso por las curvas. La carga ha llegado en este caso hasta 8 toneladas por rueda, pero esta cifra es muy exagerada: en Alemania se ha puesto como límite 6'5 toneladas.

No todas las ruedas van igualmente cargadas: por razones que se expondrán más adelante (número **283**), la mayor carga corresponde á las motrices si no hay acoplamiento, y cuando todas están acopladas, como sucede en las máquinas de mercancías, se reparte por igual en ellas. Si las ruedas

(*) Vallespin. *Material de trasporte.* (Número 20.)

directrices son libres soportan menor peso, aunque siempre el suficiente para evitar el descarrilamiento.

186. Forma de los rayos, cubo y aro.—Los rayos son verdaderos sólidos cargados en sentido de su eje, y como tales debiera aumentar las dimensiones de su seccion trasversalde los extremos al medio; pero están sometidos á otros esfuerzos que obligan á modificar esta forma. Por consecuencia de los movimientos trasversales que tienen los carruajes en marcha, especialmente en el paso de las curvas, las llantas se apoyan fuertemente por sus pestañas sobre las caras laterales de los carriles y entónces los rayos hacen el oficio de sólidos empotrados en el cubo y cargados por su otra extremidad con fuerzas normales al plano de la rueda, por cuya razon debe aumentar la dimension trasversal en este sentido, desde el aro al cubo.

Aún ejercitan su accion otras nuevas fuerzas en las ruedas motrices: sabido es que éstas no sirven únicamente de soporte, sino que, obrando sobre su eje las bielas, funcionan como poleas que tuviesen arrollada una cuerda de tension igual al esfuerzo de traccion, y los rayos están en el caso de piezas empotradas en el cubo y solicitadas junto al aro por fuerzas normales situadas en el plano mismo de la rueda; deberian, pues, aumentar su seccion en este plano, desde la llanta al cubo.

Todas estas circunstancias hacen dar á los rayos la forma manifestada en las figuras 4, 5 y 6.

El cubo es de forma cilíndrica, generalmente de un solo cuerpo (á veces tiene dos ó más) cuya altura es cuando ménos igual al espesor de los rayos, pero que conviene hacer mayor para repartir sobre más superficie las presiones que por su intermedio se trasmiten al carril, resistir los choques de éste con la pestaña de la llanta y acuñar más sólidamente al eje.

El aro tiene la forma de un rectángulo (*A*, figura 4),

en que el lado s' se ha sustituido por un arco de círculo t'.

La llanta es la parte de la rueda que ha de rozar con el carril: consta de la *superficie de rodadura l h* (figura 8) y de la *pestaña P*, cuyo objeto se indicó al definirla. Las llantas deben estar perfectamente unidas al aro, y al efecto se aplican sobre éste al rojo, consolidando la union con pernos ó roblones.

El perfil de la superficie de rodadura es cónico para facilitar el paso por las curvas, conforme á lo que se practica en las ruedas de los wagones ordinarios (*). La conicidad es de $\frac{1}{20}$, pero no uniforme, pues en la parte *h d*, opuesta á la pestaña, aumenta hasta $\frac{1}{7}$ para evitar un grave defecto que se manifestaba en las llantas antiguas. Siendo la parte media la que más frecuentemente rueda, se desgasta pronto; el carril parece como que penetra en esta parte, rechazando lateralmente el metal, y creando rebabas ó falsas pestañas, perjudiciales para la facilidad de los movimientos trasversales.

Llevan las llantas hácia el exterior de la vía, y por su parte interior, un talon *T*, que asegura mejor su union con el aro é impide que éste se desprenda á consecuencia de las bruscas sacudidas de la pestaña contra el carril, cuando los pernos se rompen ó aflojan. En el interior se abre el rebajo *m* que economiza materia, contribuye á la igualdad de espesor de metales en todo lo ancho, y facilita en algun modo la construccion.

El grado de conicidad, la altura y espesor de las pestañas deben aumentar, dado su objeto, con el rádio de las curvas: debieran, pues, variar estos elementos no solamente en cada línea, sino dentro de ellas, en las diversas secciones de que consta, acomodándolos á las circunstancias de la vía. Como cada máquina presta su servicio en una ó más secciones especiales, no hay inconveniente en que así se verifique,

(*) Vallespin. *Material de trasporte.* (Número 26.)

y es lo que se practica en algunas líneas; no sucede lo mismo con los demás carruajes que circulan por una ó más de una red, en donde podrán encontrarse curvas de rádios muy distintos.

Despues de construidas las llantas, se tornean por la parte exterior para darles la conicidad, é interiormente para asegurar su perfecta union con el aro. Al salir del torno, siendo nuevas, han de presentar $0^m,055$ de espesor en la superficie de rodadura; si se desgasta desigualmente se tornea de nuevo hasta adquirir el espesor mínimo de $0^m,035$ para las máquinas y $0^m,030$ en los tenders, rebasado el cual se desechan. Tambien se dan por inútiles las llantas, áun teniendo $0^m,040$ de espesor, si se observa en ellas grietas ú otra señal que amenace comprometer su solidez.

Tambien se disminuye el espesor de las pestañas, en vía recta, por los rozamientos y choques con los carriles originados en los movimientos trasversales, y más poderosamente en el paso de las curvas, porque se apoyan fuertemente en el carril exterior, sobre el que ejercen la accion de unas tijeras: esta causa, y el desgaste de la pestaña que es su efecto, aumentan con la disminucion de rádio y flexibilidad de la locomotora, es decir, con la facilidad de acomodarse en la curva, que depende de la separacion de los ejes extremos y de la rigidez de éstos en el bastidor (números **276** y **286**).

Se consideran inutilizadas las pestañas cuando el espesor ha disminuido en una tercera parte.

Para evitar los rozamientos en el paso de las curvas se ha propuesto, y no generalizado, la supresion de las pestañas de las ruedas intermedias (*R*, figura 9).

187. Muñequillas.—Las bielas motrices de acoplamiento y las excéntricas, necesitan *muñequillas* ó manivelas para ejercer su accion: su forma y disposicion son variables con el tipo de máquina.

En el caso de cilindros y distribucion interior y ruedas libres, son innecesarias las muñequillas, porque las excéntricas se acuñan al cuerpo del eje y las bielas motrices abrazan el codo ó cigüeña del mismo; pero si hay acoplamiento se hacen indispensables: se les dá la forma *M* (figura 4, lámina 14), acuñándolas, como se hizo con el eje *F*, en la masa metálica *C'*, fundida ó forjada entre dos rayos, segun el método empleado en la fabricacion de la rueda. El espesor de *C'* es mayor que el de los rayos; casi siempre igual al del cubo *C*. Idéntica disposicion tienen las muñequillas de las ruedas motrices para recibir las bielas de este nombre, cuando no están acopladas las restantes, la distribucion es interior y los cilindros exteriores; y si el acoplamiento existe, *M* consta de dos cuerpos análogos al *H:* el más próximo á la rueda recibe la cabeza de la biela que acopla, y el exterior la de la motriz.

Si la distribucion es exterior, las excéntricas deben ir por fuera del bastidor y en la prolongacion del eje: esto se consigue (figura 5), con el codo *E*, á cuyo extremo, en el eje de *F*, se une el boton *D*. De esta manera están organizadas las manivelas en la figura 4 de la lámina 25: *b* es el lugar destinado á las bielas de acomplamiento; *a* el correspondiente á la motriz, y *a'* el que han de ocupar las excéntricas. Tambien se refiere la figura 5 de la lámina 14, al caso que se considera, de ruedas acopladas, cilindros y distribucion exterior, pero con la diferencia de que las bielas de acoplamiento, en las ruedas posteriores á la motriz que representa el dibujo, no son prolongacion de las correspondientes á las anteriores: las primeras parten de *C*; las segundas de *A*; el cuerpo medio *B* se reserva á las bielas motrices.

En el eje Martin, caso de cilindros interiores y distribucion exterior, las muñequillas pueden acuñarse á la rueda en prolongacion de aquél (figura 12, lámina 11), y cambia la posicion relativa de bielas de acoplamiento y excéntricas:

las primeras van situadas en *D F*, *D' F'*, y las últimas, más próximas á las ruedas, en *C E*, *C' E'*.

Cuando el bastidor *B* es exterior (figura 3, lámina 14), no permite la colocacion de las muñequillas en la misma rueda: se salva la dificultad prolongando la mangueta *E*, y acuñándole el collar *M* provisto del boton *N*.

188. Contrapesos.—Además de la velocidad de traslacion de que está animada la locomotora, hay algunas piezas, como son los émbolos, bielas, ruedas y órganos del mecanismo de distribucion, que tienen movimientos propios, de gran velocidad, perturbadores de la marcha regular de la máquina; y para combatir su influencia perniciosa se emplean los contrapesos (número **274**).

En las ruedas, por ejemplo, la rotacion crea una fuerza centrífuga que sería igual en toda su circunferencia y quedaria destruida en el centro si éste, que lo es de figura, coincidiera con el de gravedad; pero las bielas, manivelas, etc., aumentan la masa en algunos puntos y la fuerza centrífuga en direccion de los rayos que por ellos pasan será mayor que para los restantes, de modo que cuando vengan á parar por debajo de la horizontal del centro, la rueda oprimirá fuertemente el carril, y en las posiciones diametralmente opuestas, tenderá á levantarse.

Para corregir estos defectos, los pesos adicionales se equilibran con los contrapesos *K* (figuras 4 y 5), opuestos á las manivelas, y fundidos ó forjados con los rayos próximos, ó asegurados con pernos *a* á la llanta. Los contrapesos de las ruedas motrices son mayores que los de las demás.

189. Distintas clases de ruedas.—Las ruedas pueden ser de *disco lleno* ó *de rayos:* en las primeras, como el nombre indica, todo el centro, excepto el tubo de acuñacion del eje, es macizo, de fundicion de hierro ó acero.

Los partidarios de las ruedas de disco lleno suponen á las de rayos los defectos siguientes:

1.° Poca resistencia á la deformacion, convirtiendo con el uso su forma circular en poligonal.

2.° Los fragmentos de combustible encendido desprendidos del hogar, al rebotar sobre el balasto, son recogidos por los rayos y proyectados violentamente sobre el tren ó campos próximos á la vía. Además: á semejanza de las alas de un ventilador, los rayos levantan mucho polvo, sumamente perjudicial á las superficies del mecanismo, que se rozan, porque introduciéndose los granos entre las caras en contacto, las araña y destruye.

Estas objeciones son, sin embargo, de poca fuerza. La deformacion sólo es de temer cuando la llanta está muy desgastada y por lo tanto sin resistencia; caso que nunca ocurre, porque se renuevan á su debido tiempo (número **186**). La proyeccion de la brasa sólo hace indispensables las ruedas de disco lleno para el eje trasero y tender; y en cuanto al polvo, es siempre inevitable, y el único medio de prevenir sus destructores efectos es el no permitir nunca holguras en las piezas sujetas á rozamientos. En cambio las ruedas de disco lleno tienen el defecto, de alguna importancia, de dificultar la vigilancia y visitas de los organismos interiores al bastidor; por esto no se ha generalizado su uso en Europa: las empleadas son de acero fundido, de una sola pieza, sin llanta postiza. En los Estados-Unidos están muy admitidas; sin embargo, se fabrican de fundicion de hierro con llanta adicional.

Más general es el empleo del hierro batido en la construccion de las ruedas, forjando aparte los rayos, de una sola pieza, y uniéndoles despues al cubo y aro con la forja tambien; valiéndose de poderosísimos martinetes que, dando un todo más compacto y unido, hacen adquirir al hierro una contestura fibrosa en toda la masa, mucho más pronunciada que la que resulta del empleo del laminador.

Kessler ideó unas *ruedas volantes* de aro grueso y pesa-

do, con objeto de almacenar velocidad en las rasantes de nivel y pendientes, y utilizarla en las rampas, pero no han sido aceptadas.

190. Número de ruedas.—El número de ruedas depende inmediatamente del peso de la locomotora: comunmente tienen seis: cuatro solamente las empleadas en el servicio de estaciones ó líneas secundarias, de tráfico limitado y perfil poco accidentado; y de ocho á doce las muy poderosas, de gran peso (números **300** y **301**).

191. Diámetro.—Pequeña es la diferencia que existe entre los límites superior é inferior de los diámetros. Tratándose de las ruedas en general, sin precisar su colocacion y destino en la máquina, puede decirse respecto á este punto que, cuando son muy pequeñas, áun á la velocidad mínima de marcha les corresponde un número considerable de vueltas por minuto, y los rozamientos del cojinete con la mangueta pueden provocar el enrojecimiento y fractura de ésta bajo la accion del peso que resisten. En cambio, demasiado grandes, elevarian más de lo conveniente el eje, la caldera, y con ámbos el centro de gravedad de toda la máquina, comprometiendo su estabilidad.

Pueden admitirse para valores límites generales de los diámetros las cantidades $0^m,600$ y $2^m,100$.

Pasando de las consideraciones generales al estudio particular de cada rueda por su posicion en el vehículo, dirémos, en lo que respecta á las delanteras ó directrices, que siendo las primeras que recorren la vía deben garantizar la seguridad de la máquina, pues si salen de carriles descarrilan las restantes y con ellas tal vez todo el tren remolcado. Los elementos que influyen en la facilidad de un accidente de este género, son la altura de las pestañas y el diámetro de las ruedas: el aumento de altura de las primeras aleja el peligro, pero por desgracia no es posible pasar de un límite muy reducido, para evitar los choques con el balasto y tra-

viesas de la vía. Queda disponible el segundo elemento, y es sabido que una rueda salva tanto más difícilmente un obstáculo cuanto menor es su diámetro; el obstáculo á que aludimos lo forman las pestañas, para montar sobre el carril, deduciéndose de todo que las ruedas directrices deben tener diámetro menor que las demás; así es que aunque estén acopladas con ellas, circunstancia que exige la igualdad de diámetro en todas, no suele exceder aquél de $1^m,80$.

A igualdad de velocidad media en el émbolo, la longitud recorrida por las ruedas motrices en la unidad de tiempo, es decir, la velocidad de la máquina, es directamente proporcional á la magnitud del diámetro: bajo este punto de vista sería conveniente hacerlos grandes, y esta idea presidió en un principio, llegando á asignar valores de $2^m,70$; pero las razones ántes expuestas y otras que resta manifestar (número **270**) han disminuido el límite anterior, reduciéndolo á 2 metros, ó cuando más $2^m,10$, y en general de $1^m,80$ á $1^m,90$.

Las ruedas intermedias, no debiendo satisfacer á condicion particular alguna, tienen por límites de diámetro los generales que ántes se dieron.

Si las ruedas traseras están situadas detrás del hogar, pueden aumentar de diámetro sin peligro para la elevacion de la caldera y centro de gravedad; pero á nada conduce hacerlo así miéntras no sean motoras, circunstancia que tan sólo se encuentra en las máquinas Crampton.

192. Union de las llantas con la rueda.—Antes de colocar las llantas se ponen al rojo, como en la carretería ordinaria, para que al enfriarse aprieten fuertemente el aro; pero es insuficiente esta precaucion porque con el uso se dilatan y aflojan, y si se rompen se desprenden con peligro de descarrilamiento. Estos accidentes se evitan con los roblones ó pernos *a* (figura 8, lámina 14), que tienen el cuerpo cilíndrico, la cabeza *b* tronco-cónica, introducida en el espe-

sor de la llanta *R*, y el remache ó tuerca *c* en el interior del aro *A*. El metal de la parte cónica ha de ser en lo posible de la misma dureza que el de la llanta; pues si es menor se desgasta antes, y si mayor, quedarán los extremos de *b* como puntos salientes que perjudicarán á la rodadura normal, y soportando ellos solos las presiones en ciertos momentos, obrarán como cuñas en *R*, rajándola. Es difícil evitar en absoluto este incidente, y por eso se ha propuesto sustituir la forma tronco-cónica de *b* con la cilíndrica *z*, de mayor rádio que el cuerpo (*a*, líneas de puntos); pero exige esta disposicion una esmerada labra de las cajas, para prevenir las holguras, contrarias á la sólida union, que se desea, de la llanta y aro.

La parte cónica del roblon ó perno es la que proporciona la sujecion; su altura ha de ser suficientemente grande, contando con el torneado repetido á que se someten las llantas en los talleres de reparacion, por consecuencia de los desgastes desiguales ocasionados por el rozamiento, y la heterogeneidad de la materia.

Si la llanta no oprime bien al aro, los choques del carril con las pestañas someten á los pernos á esfuerzos trasversales que tienden á cortarlos: á ello se oponen los talones *T*.

El número ordinario de pernos es de cuatro á seis por rueda: se ponen en caliente, en medio del intérvalo de dos rayos; pero cuando aquella es de disco lleno, no es posible disponerlos así, sino lateralmente (figura 1, lámina 15), á no ser que se provea un claro en el sitio correspondiente á la cabeza (figura 2).

Como los roblones y pernos debilitan la llanta, que muchas veces se rompe por los orificios abiertos para su paso, se ha intentado sustituirlos con tornillos *V* (figura 9, lámina 14) que atraviesan el aro penetrando con la rosca más de la mitad del espesor de aquella: son más débiles, sin embargo, y en caso de fractura de la llanta no retienen tan fuer-

temente los pedazos. Los tornillos se aplican especialmente á las llantas de acero fundido.

Para pasarse sin el auxilio de pernos, roblones y tornillos, se han ideado las uniones que están representadas en las figuras 3 de la lámina 15: son más usadas en los wagones que en las locomotoras.

Las ruedas se introducen en los ejes con la prensa hidráulica, acuñándose despues con llaves *c* (figura 4, lámina 14).

193. Reparacion de las llantas.—Se tornean en máquinas especiales y las de acero con piedras de afilar.

Sufren el torneado tres ó cuatro veces, y cuando han llegado al mínimum de espesor permitido, se renuevan. Para ello se quitan preliminarmente los pernos ó roblones, destornillando la tuerca ó rompiendo con el cortafrios la cabeza, y se calienta la llanta en tres ó cuatro puntos de su circunferencia, introduciéndola al efecto en un foso circular provisto de igual número de pequeños hornillos: una vez dilatada por el calor, se desprende del aro á golpes de martillo.

194. Recorrido.—La duracion de las llantas de acero es mayor que las de hierro, con la prevencion de no haber frenos, ó usarlos con mesura. La cifra absoluta, á igualdad de material, depende del diámetro de la rueda, y de que ésta sea libre ó acoplada. Las de acero Bessemer belgas (fábrica Seraing) se garantizan para un recorrido de 150.000 kilómetros.

195. Metales.—En los Estados-Unidos se ha adoptado casi exclusivamente la fundicion de hierro como materia única para fabricar las ruedas de wagones y locomotoras; pero en Europa es poco empleada, á no ser para las ruedas de disco lleno, y se hace preferente uso del hierro forjado y acero.

Tambien son de fundicion las ruedas volantes de Kesler:

en todos casos ha de ser de excelente calidad y debe provenir del tratamiento del mineral, en los altos hornos, con el carbon vegetal.

Para las llantas están indicados los hierros acerosos y los aceros fundidos de Krupp ó Bessemer: estos últimos participan de la tenacidad y homogeneidad del acero y de la ductibilidad del hierro; admiten la poderosa forja de los pesados martinetes de 50.000 y 100.000 kilógramos que pone en accion la maquinaria de las grandes fábricas; así es que, partiendo de un lingote fundido de peso y dimensiones convenientes, se obtiene con el forjado aros de metal de gran duracion y sin soldadura, ventaja inestimable en las llantas, por ser ésta la parte débil y de frecuente destruccion.

Un sólo cuidado exigen las llantas de acero, y es el de no someterlas á la accion de frenos, cuyas presiones y rozamientos, exponiéndolas á alternativas de alta y baja temperatura, les hacen adquirir un temple especial que determina su fácil fractura, en reposo ó movimiento.

Aunque se ha otorgado la preferencia al acero para la fabricacion de llantas, especialmente en las máquinas de gran peso, continúa empleándose el hierro.

196. Fabricacion de las ruedas.—Tres partes principales comprende la operacion: fabricacion de la rueda, de la llanta y union de ambas.

PRIMERA PARTE.—De los muchos procedimientos conocidos, describirémos dos de los más generalmente empleados.

197. Procedimiento de Mrs. Arbel y Deflassieux.—Toda la rueda se forma con hierro de la misma calidad, muy fibroso, porque las numerosas caldas que ha de experimentar tienden á darle la contestura granular.

Se construye el aro recurvando una barra recta hasta que afecte próximamente la forma circular *H*, aproximando las cabezas *a* (figura 10, lámina 14) con la brida *M N*, colocada perpendicularmente al rádio de soldadura, que se com-

pone de la barra *M N*, el talon fijo *M* y el móvil *N*, con el fuerte tornillo de presion *S*.

Conducido el todo á un horno especial y uniendo preliminarmente las caras de junta *a* con el tornillo *S*, la barra *H* llega á tomar la temperatura de soldadura, dilatándose, como es consiguiente; y por la casi invariabilidad del diámetro *M N* las dilataciones tendrán lugar en sentido de *H a*; las caras *a* se oprimirán fuertemente soldándose: la operacion se completa con un sencillo forjado.

Como la presion del tornillo-brida ha ovalizado el aro, hay necesidad de restablecer la forma circular, para cuyo efecto se pone á la temperatura del *rojo blanco*, conduciéndole en seguida á la plataforma *A*, y apoyando su cara interior á los cuatro rodetes *m* equidistantes entre sí y del centro. Otros tres pequeños rodillos *n* se aplican sobre la cara externa del aro por medio de los tornillos correspondientes, y haciendo girar la plataforma *A* se obtiene la forma circular deseada.

Enfriado el aro, se abren en su cara interior, con una máquina especial, las cajas que han de recibir á las espigas de los extremos de los rayos.

Los rayos se forjan aparte, uno á uno, afilando el extremo que ha de penetrar en el cubo, y perfilando el otro con la forja en una matriz, de modo que resulte un reenchimiento primero y despues la espiga.

El cubo se forja en dos mitades algo menores que las verdaderas, y en cada una se hacen penetrar los rayos correspondientes.

Resta ahora unir las partes fabricadas. Para conseguirlo se coloca en el centro del aro las dos mitades del cubo, con sus rayos respectivos introducidos por sus espigas en las mortajas que les están asignadas: las holguras de estas ensambladuras, y las de los medios cubos incompletos, se llenan con cuñas de hierro.

Una vez armado el todo se lleva al horno, sacándole cuando ha adquirido la temperatura del rojo blanco, y colocándole horizontalmente en un yunque, que tiene la forma de la mitad inferior de la rueda, forjándolo con un martinete que afecta la de la mitad superior; y como la cantidad de metal de las partes es algo mayor que la debida, afluirá á los claros que dejan las superficies inferiores del yunque y superior del martinete. Se cortan las rebabas que resultan y se somete la rueda á una nueva calda y batido, repitiendo la operacion cuantas veces se crea necesario. El forjado es uniforme y alcanza á todos los puntos de la masa.

Despues de enfriada lentamente la rueda hay necesidad de comprobar la buena soldadura de los rayos, aro y cubo: esto se consigue con una nueva calda, que demostrará por la continuidad del color si es completa la de la materia.

La lima y el cincel concluyen la operacion, haciendo desaparecer las rugosidades.

198. Procedimiento belga.—Para obtener el cubo se introduce un cilindro de hierro, puesto al rojo, en la matriz *M* (figura 4, lámina 15), compuesta de dos mitades reforzadas con el grueso collar de fundicion *C*. El martinete le dá la forma *H* (figura 5), en la que se abre, con un poderoso sacabocados, el agujero cilíndrico *R*, correspondiente al eje.

Los rayos se fabrican aparte, dándoles un exceso de metal en sus extremos para forjarlos con el cubo y aro; la dimension *a b* es igual á la *a' b'* de la garganta del cubo, al que se sueldan por los extremos *D*.

El aro se obtiene con la forja por el método llamado *sin soldadura*; y en efecto, no la tiene trasversal, es decir, en sentido de los rádios. Esto se consigue enrollando en hélice una barra de hierro sobre una matriz ligeramente cónica, para poderla sacar fácilmente despues, y aplastando las vueltas ó pasos con el martinete: enrojecido el aro así formado, se pasa por un laminador circular, y se abren des-

pues cajas para los rayos, que abrazan todo el espesor de aquel, perpendicularmente al plano de la rueda.

La operacion final consiste en la soldadura de los rayos y aro.

199. Fabricacion de las llantas.—La buena calidad de las llantas interesa á la economía y á la seguridad; á la primera, por su elevado precio y considerable número que toda compañía bien organizada ha de tener en servicio y de reserva; á la segunda, porque su fractura en marcha es casi siempre orígen de descarrilamiento.

Está, pues, justificada la preferente atencion que se dedica á esta parte del vehículo.

Para fabricar las llantas de hierro por el sistema primitivo, se formaba primeramente una barra ó platina recta con paquetes de hierro bien fibroso, caldeados y batidos para su soldadura, dándole despues la forma próximamente circular y uniendo sus extremos con la forja. Una máquina análoga á la de la figura 10, lámina 14, aseguraba la uniformidad de curvatura y el perfil definitivo.

Pero por mucho cuidado que se tuviera, el punto de union quedaba débil, rompiéndose con frecuencia, y de aquí nació la idea de construir llantas *sin soldadura*, privilegio de invencion de Mr. Petin, renombrado fábricante francés.

El método es el ya explicado para los aros y seguido tambien en la fabricacion de los tubos de que se forman los cañones Armstrong. Sobre un cilindro horizontal que gira alrededor de su eje, se arrolla en hélice una barra de hierro, calentada al rojo cereza: martelada despues, dá lugar á un aro de soldaduras longitudinales, pero no trasversales, cuyo diámetro se aumenta hasta llegar al definitivo, asignándole, por último, el perfil conveniente, en un laminador circular.

En el procedimiento belga para la fabricacion de llantas de acero Bessemer, se parte de un lingote de forma octogonal: calentado al blanco se martela, segun el eje, convir-

tiéndolo en una placa circular de $0^m,20$ de espesor. Abrese en el centro un orificio, rechazando el metal, y se introduce en un yunque de punta cónica, para aumentar el diámetro sin pérdida de materia; y sometido de plano al martinete, resulta un anillo de $0^m,15$ de espesor, que se hace pasar dos veces por el laminador circular: la primera, para *esbozar*, es decir, para darle un diámetro y perfil aproximados; y la segunda, para perfilar ó conseguir el diámetro y perfil definitivos.

La union de la llanta con la rueda se verifica, como queda indicado en uno de los párrafos anteriores, calentando la primera al rojo, pero cuidando de que la presion ejercida por la primera al enfriarse no sea insuficiente, porque se ocasionarán prontas holguras, choques y fractura de los pernos de union, ni tan excesiva que se rompa la rueda.

199'. Frenos.—Los trenes, en su circulacion normal, tienen puntos obligados de parada, como son las estaciones: conocidos de antemano por el maquinista, prévio el estudio de la vía, puede detener á tiempo el trabajo del vapor cerrando el regulador, para llegar con la velocidad adquirida; pero suelen acontecer incidencias extraordinarias que imperiosamente obliguen á parar el tren en el mínimo tiempo posible, tal vez cuando la velocidad sea mayor y el perfil esté en pendiente; y entónces no basta cerrar el regulador, sino que hay precision absoluta de amortiguar la velocidad adquirida, por medio de *frenos*.

Aparatos de este género llevan algunos carruajes, llamados por esta razon *wagones-frenos*, cuyo número, en la composicion del tren, se gradúa conforme á las particularidades de la vía, en las diversas secciones de que consta: tambien tiene freno el tender; y se ha hecho extensiva su aplicacion á la locomotora.

La figura 6, lámina 14, indica la disposicion general, fundada en la accion de un enérgico rozamiento de resbala-

miento de las llantas con la *almohadilla F*, obtenida con la presion que suministran el tornillo *T* y codo *S' S*. La almohadilla está suspendida en *L* al bastidor.

La locomotora de la lámina 31, tiene frenos en las ruedas del último eje: el mecanismo, muy sencillo, está sobradamente descrito en el dibujo.

Cuando las llantas de las ruedas son de acero, los rozamientos engendrados por la almohadilla elevan su temperatura, y los cambios bruscos de ésta las hacen adquirir un temple especial, de fragilidad inconveniente.

CAPÍTULO VI.

TENDER.

200. Necesidad.—Cada máquina necesita un vehículo especial, situado á continuacion y de fácil comunicacion con ella, que sirva de depósito del combustible y agua de alimentacion, y en donde puedan llevarse además los útiles del fogonero y maquinista, grasas, estopas y cuanto exige el buen servicio. En algunas máquinas, no hay carruaje separado que cumpla con esta mision, y las materias útiles citadas se conducen en la misma locomotora, que se llama entónces *locomotora-tender*.

201. Partes de que consta.—Como carruaje, consta el tender de un bastidor *Q' Q'*, con placas de seguridad *R'* (figuras de la lámina 16) en los largueros *Q'*, y dos á tres ejes *O'*, con sus cajas de grasa *S'*. El bastidor es siempre exterior á las ruedas. La suspension se verifica del modo ordinario, con ballestas *U'*: tiene aparatos de choque y traccion en la parte delantera y trasera *C* y *X*; un freno *V'* y una escalerilla *J* por cada lado.

Como tender, se compone: de una plataforma *m* que cubre todo el bastidor; sobre ella, unas cajas de agua *S''* en forma de herradura, dejando en medio un lugar *Z''* para la colacion del combustible; una caja trasera *Y* y arquillas *M'* y *L'* situadas delante y encima de la caja de agua, para herramienta, grasas, estopas y efectos del maquinista; tubos de alimentacion de la caldera, *M''*, y llaves de maniobra *X'* correspondientes.

202. Caja de agua.—Tiene generalmente, en proyeccion horizontal, la forma de U ó herradura, que ántes se indicó; forma decidida, como más conveniente, por la mejor reparticion del peso sobre ejes y buena colocacion del combustible.

La seccion trasversal (figura 2) es rectangular, de altura uniforme en toda la caja, pero de mayor base en la rama trasversal de la U que en las laterales. En el tender representado por las figuras 1 á 3 de la lámina 16, y 1 de la 17, tipo de los de cuatro ruedas empleadas en la línea del Mediodía, la caja de agua tiene las siguientes dimensiones:

Longitud..	de las ramas laterales..	$3^m,90$
	de la trasversal.	$2^m,45$
Altura.		$1^m,20$
Anchura. .	en las ramas laterales..	$0^m,60$
	en la trasversal.	$1^m,00$

Las cajas de agua se construyen con planchas de hierro, cosidas, de 4 á 5 milímetros de espesor, y para evitar la de-

formacion de sus paredes se consolidan por medio de armaduras compuestas de hierros angulares g', situados verticalmente y unidos con travesaños horizontales h'. Otros hierros de ángulo verifican la completa union de las paredes con la tapa y fondo, como se representa en la figura 2, lámina 16, y figura 1, lámina 17.

En prolongacion de las paredes exteriores de la caja de agua reina un coronamiento de plancha de hierro a'', que permite apilar carbon por encima de las tapas de aquella, y facilita la colocacion en éstas de la pala de escorias, corazon y demás útiles que el fogonero emplea en la alimentacion y buena marcha del fuego.

Cuatro agarraderos L'', situados cada dos en las paredes interiores de las ramas laterales de la caja de agua, sirven para levantarla por medio de una grua, separándola del bastidor, en casos de reparacion ú otros de necesidad.

La alimentacion de agua del tender, con las gruas hidráulicas, se hace á favor de una abertura establecida en la rama trasversal (figuras 2 y 3), provista de rebordes y tapadera Q, con objeto de evitar el que los menudos de combustible ú otros cuerpos extraños caigan al interior de la caja: y para prevenir por completo este inconveniente, y privar al agua de las impurezas que pudiera arrastrar, tales como trozos de trapo, madera, paja ó yerba, que al introducirse en los aparatos de alimentacion de la caldera paralizarian su accion, se coloca un cono de cobre Y'', con pequeños orificios, llamado *colador*. Retirando el *colador*, la abertura hace el oficio de *agujero de hombre*, para la limpieza interior del depósito de agua. Algunos tenders llevan dos aberturas para la alimentacion, una en cada ángulo de la U, con lo cual puede disminuir la longitud del brazo giratorio de las gruas hidráulicas situadas en los puntos de aguada.

203. Accesorios de las cajas de agua.—Hay dos tubos M'' para la alimentacion de la caldera, en las extremidades

de las ramas laterales de la caja, que vienen á parar al fondo de ésta: y con la barra *X'* (figura 2), terminada en su extremo inferior por una válvula, se interrumpe ó deja libre á voluntad la circulacion del agua. La figura 8, lámina 8, representa con más detalles las válvulas de alimentacion: *F* es el fondo de la caja; *E* la válvula; *D*, *B* y *A*, son respectivamente la varilla con su parte roscada, y manivela de maniobra; esta última situada generalmente en la tapa de la caja.

Otras veces se sustituye la válvula con una llave *L* (figura 9, lámina 8), colocada en el mismo tubo de alimentacion, y maniobrada con una manivela que está en la plataforma ó piso del tender.

Para conocer el nivel del agua en la caja sirven tres grifos comprobadores (*I'*, figura 1, lámina 16), el inferior de los cuales, en algunos casos, se hace de mayor seccion que los otros dos, con objeto de tomar del tender más cantidad de agua en menor tiempo, si se manifiesta en marcha un principio de incendio ó se enrojece una pieza por el rozamiento. Si hay necesidad de vaciar las cajas, pueden emplearse dos orificios que al efecto existen en su fondo, uno en cada rama lateral.

Las paredes exteriores del tender se prolongan formando un balconcillo *U''* (figura 1), y la plancha giratoria *Z'''*, apoyándose en la plataforma de la máquina, salva el intérvalo que entre aquél y ésta existe, creado por los topes.

Las arquillas *M'* se destinan á la herramienta menuda, tenazas, martillos, llaves, etc., y á las estopas y materia de engrase. El arca *Y* contiene objetos más voluminosos, tales como cadenas, una prolonga, barras ó palancas; y á su lado, por la parte exterior, apoyándose á la plataforma de la caja que contiene el enganche trasero y asegurándose en las fuertes anillas *N'*, se colocan la carraca y gato de madera. Las arcas *L'* suelen cederse al maquinista para los efectos de su pertenencia.

Por último, para los casos en que la máquina y su tender recorran solos la vía de noche, lleva este último, en la pared trasera de la caja de agua, una abrazadera para colocar el farol de señales.

204. Capacidad del tender.—La capacidad del tender depende del gasto en agua y combustible, y éste á su vez de la potencia de la locomotora y del perfil de la vía, elementos que en realidad se condensan en el primero de ellos, pues que para el servicio de las secciones accidentadas se emplean máquinas poderosas.

El aumento de poder en una locomotora exige, entre otras cosas, una mayor produccion de vapor en la unidad de tiempo, y como consecuencia inmediata, aumento de la superficie de caldeamiento, consumo de agua y combustible: así es que las dimensiones del tender han seguido la creciente progresion del poder de las máquinas.

Las cajas de agua que en un principio podian contener de 4 á 6 metros cúbicos, tienen hoy 8, 10, y aún rebasan este volúmen. La capacidad ordinaria en las líneas españolas es de 7 á 8 metros cúbicos.

El gasto de combustible es inferior, en peso, al del agua, pues están en la relacion de 1 á 6 (*); parece, pues, á primera vista, que podria reducirse la capacidad del tender que le está reservada á aquél; sin embargo, no es así, porque existen razones de importancia para llevarlo en exceso. Los depósitos de carbon son ménos numerosos que los de agua; es más difícil, é invierte más tiempo, hacer la provision: además, para la contabilidad, vigilancia y relaciones de la empresa con los maquinistas, es preferible hacer aquella de tarde en tarde, sobre todo cuando, como es frecuente, éstos han de recibir una prima de economías.

(*) Se comprenderá fácilmente que este dato sólo puede considerarse como aproximado, puesto que la calidad del carbon varía entre límites muy separados.

Generalmente el tender embarca carbon para cada campaña, es decir, para el período de dias en que la máquina hace servicio antes de entrar en la cochera del depósito para el descanso y limpieza.

205. Wagones-depósitos.—Pudiera suceder que por sequía prolongada, interrupciones accidentales en las cañerías ú otra causa cualquiera, algunos depósitos de agua cesaran de proporcionarla en absoluto, ó en cantidad suficiente, ó la diesen de muy mala calidad, y la capacidad de las cajas fuera insuficiente para el consumo entre los puntos de aguada. En tal caso puede salvarse la dificultad, llevando en cabeza de tren un wagon especial lleno de agua, como se practica en algunas líneas férreas extranjeras.

Las figuras 1, 2 y 3, de la lámina 18, representan los wagones-depósitos de la línea férrea de Sevilla á Cádiz.

206. Bastidor.—La mayor parte de los bastidores son de hierro, y con pequeñas diferencias están compuestos del modo que indican las figuras 1, 2 y 3 de la lámina 16, que representan el tipo de los tenders de cuatro ruedas de las máquinas de viajeros en la línea del Mediodía.

Dos largueros exteriores *Q' Q'* (figuras 1 y 3), comprenden toda la longitud del tender; otros dos interiores *b* (figura 3), longitudinales tambien, se terminan en los traveseros *d* y *h*, así como el central *a* (figuras 2 y 3). Entre los *Q' Q'* y *b* se mueven las ruedas del vehículo.

Cuatro traveseros *d*, *e*, *f* y *h* consolidan el sistema: segun señala el corte trasversal (lámina 17, figura 1), estos traveseros tienen menor altura en el medio, y la misma que los largueros exteriores en su union con éstos; union que se verifica en los puntos *n* (figura 2, lámina 16), correspondientes á los *r'* (figura 1), por medio de los hierros de escuadra *n* (figuras 2 y 3). Otros hierros angulares *m* horizontales, unen las cajas de agua y plataforma al bastidor, y contribuyen á la rigidez de éste.

Entre los extremos de los largueros intermedios y los de los exteriores quedan dos espacios que se cubren por la parte superior é inferior y sirven para colocar los enganches. Por encima del bastidor hay un tablero de madera, cubierto con una chapa de palastro, en el lugar correspondiente al combustible.

La inspeccion de las figuras completará la idea dada por la descripcion que antecede.

Los bastidores de madera, muy empleados en otro tiempo, lo son ménos á medida que la capacidad y peso del tender ha ido aumentando, sustituyéndolos con los de hierro, que tienen sobre aquellos las ventajas de mayor rigidez y resistencia, á cambio de las de ligereza y economía en los primeros gastos que poseen los de madera. Estos se componen de largueros, cabeceras y traviesas intermedias, consolidando el todo cruces de San Andrés.

207. Placas de seguridad.—Las placas de seguridad *R'* (figura 1), están unidas por la plancha *p'*, que sirve para darlas mayor resistencia; porque la accion de los frenos tiende á desgarrarlas en su union con los largueros. Los refuerzos *p'*, las placas *R'* y los largueros *Q'* están forjados en una pieza.

Cosidos á las placas ván los sostenes *r'* de los espárragos de las ballestas, y las *guias Y'* de las cajas de grasa.

208. Cajas de grasa.—Son como las de los wagones. Las *s'* de la figura 1 se componen de dos mitades, unidas por pernos laterales: la inferior, que hace de guardapolvo y aceitero, lleva el bebedero para el engrase, y la superior dos orejas *T'* que resbalan sobre las guias, y una pequeña cavidad donde se aloja el remate de la varilla de presion *t'*. El conjunto se apoya en la mangueta del eje, como en las cajas de grasa de la locomotora, sin más diferencia notable que la de no tener *patas de araña*, por ser inferior á la mangueta el aceitero.

209. Ballestas.—Son como las descritas en las locomotoras. Los arbolillos atraviesan los extremos de las hojas maestras, terminándose por una parte roscada que tiene dos tuercas, la una de *aprieto* y la superior de *sujecion*, que sirven para templar la ballesta; y por el extremo inferior se unen al bastidor, penetrando en las abrazaderas *r'* cosidas á los largueros *Q'* (figura 1).

Como la carga del tender varía entre límites muy separados, correspondientes á los casos en que esté lleno ó vacío de agua y combustible, es conveniente que la flexibilidad de la ballesta sea menor que en los wagones, para no tener diferencias de nivel demasiado grandes en el bastidor.

210. Ruedas.—El número de ruedas del tender ha ido en aumento con su capacidad y peso: así que de las cuatro que generalmente lleva, se ha llegado á seis para cuando la carga excede de 10 toneladas de agua y 3 ó 4 de hulla. Solamente en las vías férreas del Norte de América se encuentran tenders de más de seis ruedas, y esto debido al excesivo peso de agua que conducen, por la grande separacion de los depósitos; pero con las dimensiones máximas que en Europa han alcanzado, seis ruedas son suficientes para una moderada carga de los ejes.

Segun se ha dejado indicado anteriormente, la mayor parte de los tenders tienen cuatro ruedas, prefiriéndose este número, cuando el peso lo permite, por la mejor colocacion que puede darse á los frenos.

Algunas ruedas son de disco lleno; pero en general constan de las mismas partes y se construyen del mismo modo que las de locomotora.

211. Ejes.—Se componen, como los de todos los carruajes que recorren las vías férreas, de *cuerpo*, *cubo* ó acuñacion con la rueda, y *mangueta* (figura 1, lámina 17). Sus dimensiones dependen de la carga máxima que han de soportar, y de la velocidad.

212. Frenos.—Aunque la locomotora lleve freno, el tender siempre va provisto de uno: debe ser sencillo, de fácil manejo, y que obre con energía y rapidez.

El tipo representado en las figuras 1, 2 y 3, lámina 16, es muy comunmente empleado. Las piezas *p'* del bastidor soportan un árbol *O*, al que va unido el codo *H' G'* y la palanca *T R*; situado el primero en el plano medio vertical de las ruedas de cada lado, y la segunda un poco más allá de la pared interior de la caja de agua lateral. Al codo *H'* se articulan dos barras *f'*, cuyos extremos *P'* van unidos á las cajas *e'* que reciben las almohadillas *d'* de los frenos, los cuales se suspenden del bastidor con las varillas *P' P*, que se terminan en otra horizontal *P*, superior, situada entre los largueros de aquél.

La palanca *T* concluye en horquilla *R* (figura 3), con una tuerca giratoria *c*, en la que penetra la parte roscada *S* de una larga barra *V' S*, que lleva en su otro extremo *V'* una palanca: esta barra queda sujeta á la cara vertical interior de la caja de agua, de modo que puede girar sobre su eje, pero no moverse en sentido de su longitud.

Fácilmente se comprenderá la maniobra del aparato: girando á uno ú otro lado la palanca *V'*, se eleva ó baja la *T*, y con ella gira el árbol *O* y el codo *G' H'*; y las barras *f'* oprimen las almohadillas contra las llantas, ó las separan.

La figura 3, lámina 17, dá los detalles de las piezas del freno.

Cuando el tender tiene seis ruedas, no queda suficiente espacio entre los ejes para la colocacion del anterior mecanismo, y entónces se lleva á la parte delantera, modificándose el freno como se describe en las siguientes líneas (figuras 14 y 15, lámina 15).

En las muñoneras *E*, fijadas á la parte inferior del bastidor, en la delantera, gira un árbol *D* unido á la barra *B*, que termina en horquilla con tuerca giratoria *C*, correspon-

diente ál a barra *R* del freno. Otro árbol *F*, soportado por los largueros del bastidor, lleva en sus extremos las palancas *P*, articuladas á *B* por el intermedio de las piezas *N*, y otras *G* unidas á las varrillas *H*, que maniobran las almohadillas *L*, y están colocadas una por cada lado de las ruedas: las almohadillas van suspendidas al bastidor, en *N*, por medio de las barras *M*.

Las flechas indican suficientemente la maniobra. Cuando se levanta el punto *C*, las almohadillas oprimen las llantas, y lo contrario sucede cuando *C* baja.

Las presiones del freno se traducen en presiones de la caja de grasa sobre las placas de seguridad, que tienden á deformarlas y desgarrarlas en su union con el larguero del bastidor; pero estos accidentes quedan prevenidos por la plancha *p'* (lámina 16), que une las placas de seguridad laterales.

Para evitar el inconveniente que se deja señalado, en algunos tenders hay dos almohadillas por cada rueda, en los extremos de un diámetro horizontal, unidos con varillas ó palancas que comunican á las unas los movimientos que las otras reciben inmediatamente por medio de la palanca de maniobra. De este modo se destruyen las presiones iguales y contrarias de las almohadillas en cada rueda, y se obtiene doble rozamiento: sin embago, es difícil que las almohadillas opriman igualmente en cada rueda, en cuyo caso la ventaja de este sistema es ilusoria.

Todas las piezas del freno son de hierro, á excepcion de las almohadillas, que pueden hacerse de madera, y con preferencia la de encina, pues las de fundicion se pulimentan muy pronto con el rozamiento y no lo producen despues con la energía necesaria.

213. Enganches.—Las condiciones que debe reunir todo enganche, y especialmente los del tender con la máquïna, son: 1.° *Solidez*, de que se deriva la seguridad y economía:

2.° *Elasticidad* para disminuir los efectos destructores de los choques y tracciones bruscas: 4.° *Flexibilidad* obtenida por un número de articulaciones conveniente, para que el enganche no padezca cuando la línea recta que pasa por los puntos fijos tiende á quebrarse ó modificarse por los movimientos irregulares de la máquina, desigualdades de la vía, paso de curvas, etc.: 5.° *Pequeña longitud*, que, disminuyendo el intérvalo ó separacion de los carruajes, evita la excesiva cuanto perjudicial longitud de los trenes á igualdad de número de wagones.

214. Enganches ordinarios (*).—*Tipos más comunes.* 1.° (Figura 3, lámina 16). Los topes se componen: de una caja *N* de fundicion, con orejas sujetas, por medio de pernos *a'*, al tender; de la cabeza *M*, y de un cuerpo cilíndrico que penetra en la caja, y prensa unas redondelas de caoutchouc, que es la materia elástica. El cuerpo cilíndrico tiene una varilla en su eje, que atraviesa los discos elásticos y sale por la parte posterior de la caja; una tuerca *b'* lo sujeta y gradúa la presion normal de los discos, es decir, la elasticidad del tope.

El tensor *P* es de doble tornillo con filete inverso; la horquilla *H* está rodeada de un hierro en escuadra *G; C* y *E* son los pernos pasadores de sujecion. Tanto en este sistema como en los demás, acompañan al enganche dos cadenas de seguridad, que constan de un eslabon *l* fijo al tender, y otro que engancha en el gárfio *L* que lleva la traviesa trasera de la locomotora.

2.° Barras de traccion iguales á las anteriormente descritas, con la diferencia de que la correspondiente al tender obra sobre el punto medio de una ballesta en cuyos extremos se apoyan los topes, que son rígidos (figura 11, lámi-

(*) En el párrafo 277 y siguientes, se describen algunos enganches especiales, destinados á facilitar el paso de los vehículos por curvas de pequeño rádio.

na 15). Este enganche es análogo al de los wagones ordinarios.

3.° (Figura 4, lámina 13.) Los topes son elásticos por sí mismos, independientemente de la barra de traccion del tender, que obtiene su elasticidad por la ballesta, cuyos extremos se apoyan en las cajas fijas de aquellos.

4.° Invirtiendo el órden de colocacion, la máquina lleva los muelles de choque y traccion (figura 1). Es el caso que ocurre en toda locomotora-tender.

La presion de los topes se gradúa á voluntad por medio del doble tornillo.

215. Enganche de dos pisos.—Se ha propuesto un enganche especial para poder unir el tender á locomotoras cuya plataforma se encuentre á distinta altura. Para conseguirlo (figura 12, lámina 15), la caja del tender tiene dos cavidades *A* y *B* en que puede recibir la barra de traccion.

216. Enganche del tender con el tren.—(Figuras 2 y 3, lámina 16).

Es de los ordinarios.

X gárfio de traccion.
U abrazadera de la ballesta.
s'' guias de la abrazadera.
V ballesta.
B' cajas de los topes.
Z cabeza.
D' cajas para recibir los extremos de la ballesta.
E' varillas que penetran en las pequeñas cajas *C''*, y sirven para guiar la *D'* y barras Z_1 de los topes en su movimiento rectilíneo.

Las barras Z_1 se unen á las cajas *D'*. Los tensores *E''* (figura 1), son de los ya descritos, de doble tornillo.

CAPÍTULO VII.

DISCUSION DE LA LOCOMOTORA

CONSIDERADA COMO MÁQUINA DE VAPOR.

217. Condiciones de la caldera.—La máquina locomotora debe sus progresos y brillantes servicios á la forma y condiciones del generador de vapor, y para comprenderlo así no hay más que recordar las especiales condiciones que imprescindiblemente debe satisfacer si ha de cumplir con la mision á que es destinada.

El generador de vapor es conducido por el vehículo, que obedece á la fuerza motriz por el intermedio de los órganos de propulsion y trasmision, y esta circunstancia determina

por sí sola en aquél las condiciones de ligereza y poco volúmen, del que se deriva la de contener una cantidad limitada de agua; pero en cambio la naturaleza del servicio que la máquina ha de prestar, exige un desarrollo considerable de trabajo en el eje motor, que sólo puede obtenerse con una abundante produccion de vapor. Estas condiciones, contradictorias si se trata de los generadores de vapor empleados en las máquinas fijas, sólo podrán dejar de serlo en los de las locomotoras aumentando su potencia de vaporizacion. No bastaba, para alcanzar este resultado, emplear en la construccion de la caldera metales de gran conductibilidad calorífica; era preciso hacer mucho mayor la superficie de calefaccion, es decir, la de contacto del agua con el fuego; que éste penetrase en la masa líquida ejerciendo su accion en mayor número de puntos de ella, y de aquí la invencion de los tubos, que la dividen, conduciendo la llama, productos gaseosos y aire caliente á la chimenea, creándose la caldera tubular, uno de los más poderosos medios que pueden emplearse para obtener fuerza motriz.

Pero esta invencion necesitaba un complemento. La mayor vaporizacion obtenida con el aumento dado á la superficie de calefaccion, obliga á quemar mayor cantidad de combustible en la unidad de tiempo; y para conseguirlo, no sólo era imposible aumentar en la proporcion debida las dimensiones del hogar, ya restringidas por cierto en esta clase de máquinas, sino que por la nueva disposicion de la caldera los gases encontraban una resistencia notable al pasar por los estrechos conductos que se les habia proporcionado, circunstancias ambas que reclamaban á todo trance la produccion de un tiro enérgico, que no podia ser facilitado por la chimenea, tan sólo, si se atiende á su limitada altura. En la dificultad de contentarse con el tiro natural que en todo hogar existe, fué preciso crear un tiro artificial complementario y éste se obtuvo con la feliz idea de inyectar en la chi-

menea un chorro de vapor; y sabido es que para no consumir el formado en la caldera, se utiliza el que sale de los cilindros, despues de haber ejercido su accion motriz en el émbolo, pues que aún conserva tension suficiente para vencer la presion atmosférica.

La caldera tubular é inyeccion del vapor en la chimenea, son caractéres esenciales de las máquinas locomotoras; más aún, los elementos indispensables de su existencia.

Si bien es cierto que la caldera tubular ha resuelto el problema de la locomocion por el vapor, es preciso consignar al lado de sus ventajas algunos defectos de que adolece, inherentes á su naturaleza. La disposicion de los tubos, tan propia para la calefaccion y vaporizacion, la hace más alterable por la accion del fuego; aumenta la cantidad de incrustaciones por el mayor número de puntos de contacto con el agua en que pueden depositarse; la limpieza interior, indispensable en toda caldera, y aún más en ésta por la circunstancia que antecede, es más difícil, y á menudo imposible; la operacion de desmontar los tubos es larga, su reconocimiento incierto y el entretenimiento dispendioso.

Se ha ensayado un sistema tubular inverso, en que el agua está contenida en los tubos y éstos son bañados exteriormente por la llama y productos de la combustion; pero la experiencia ha hecho desechar decididamente esta disposicion. Infructuosas han sido todas las tentativas dadas á luz para separarse del sistema tubular, cuyos defectos están sobradamente compensados con las sobresalientes cualidades que como generador posee; así es que, lejos de abandonarlo, se ha hecho extensivo su empleo á las máquinas fijas.

Los dos caractéres más esenciales que distinguen la locomocion por el vapor de todas las demás, son la notable velocidad obtenida y el peso considerable que puede remolcarse, factores del trabajo desarrollado por la máquina. Segun el objeto que se desea obtener, predomina uno ú otro de es-

tos dos factores, ó se toma graduaciones diversas de ellos; y apropiando los órganos de las máquinas al servicio á que van á ser destinadas, resulta la clasificacion siguiente más inmediata.

Máquinas de gran velocidad y poca carga, exclusivamente para viajeros.

Máquinas mixtas, de mediana velocidad y carga, para viajeros y mercancías.

Máquinas de mercancías, de pequeña velocidad y gran carga, destinadas al objeto que su nombre indica.

En esta clasificacion, representan un importante papel las condiciones del vehículo; por esta razon no se hace, al presente, más que una ligera indicacion de ella, reservando el tratarla con más extension cuando se discutan las propiedades del segundo. Esta indicacion se hacía necesaria, sin embargo, para poder apreciar en su justo valor los progresos realizados en el generador.

Una máquina locomotora es tanto más poderosa, cuanto mayor sea la cantidad de trabajo que desarrolla en la unidad de tiempo. Los factores del trabajo son, segun se deja indicado, la velocidad, es decir, el camino recorrido en la unidad de tiempo, y la carga arrastrada: el primero de ellos depende de la velocidad del émbolo y del diámetro de las ruedas motrices, pero no exclusivamente de este último, puesto que las dificultades de construccion, y otras consideraciones ya enumeradas, y por enumerar, lo limitan considerablemente; y como en cada carrera del émbolo hay consumo de vapor, se deduce que la velocidad es funcion del vapor producido en el generador. El segundo factor del trabajo, ó sea la carga, exige una presion considerable sobre el émbolo, es decir, una gran tension del vapor en la caldera, que se obtendrá acumulando grandes cantidades de vapor en el espacio limitado destinado á contenerlo, dentro siempre del punto de saturacion. Resumiendo: el trabajo que

una máquina puede desarrollar, es funcion del vapor producido bajo una presion dada, es decir, del peso de vapor que su generador puede proporcionar en la unidad de tiempo. O en otros términos: *la fuerza de una locomotora depende de la potencia de vaporizacion de su caldera* (*). Esta condicion ha de ir acompañada de otras referentes al vehículo, que ya se indicarán en el capítulo siguiente.

218. Division de la superficie total de calefaccion.—La potencia de vaporizacion es proporcional á la magnitud de la superficie de calefaccion; y antes de pasar más adelante es conveniente indicar que no todas las partes de ésta reciben del mismo modo el calor del combustible quemado en el hogar. Las paredes del cajon de fuego interior, en la parte inmediata á la rejilla, se caldean por contacto de la llama y trozos de carbon incandescentes; el resto de las paredes y el techo, por radiacion de la brasa y contacto de las llamas y gases; la primera parte de los tubos, por estos últimos; y el final de la tubería, por contacto del humo y aire caliente.

Las paredes de la caja de fuego forman la *superficie de calefaccion directa*: los tubos la *indirecta*. La superficie total es la suma de las dos. En la determinacion de la superficie indirecta, deben medirse los diámetros interiores de los tubos, y no los exteriores, como es costumbre.

219. Aumento de la superficie indirecta de calefaccion.—Puesto que el aumento de la superficie de calefaccion ha de proporcionarlo en la vaporizacion, conviene saber de

(*) Al hablar de la potencia de una máquina nos referirémos al poder dinámico, pues la potencia efectiva de traccion no siempre es igual á aquella, sino inferior, porque depende del peso adherente. Cuando éste es suficientemente grande, la potencia efectiva es igual á la dinámica. Esta distincion, que parecerá oscura, se hará perfectamente comprensible en el capítulo VIII, artículo 1.°, que trata de la *adherencia*.

qué manera será posible conseguirlo y cuál de las dos superficies, directa ó indirecta, se presta mejor á la modificacion. Puede hacerse mayor la superficie indirecta aumentando la longitud de los tubos ó aumentando su número.

220. Longitud de los tubos.—Si los tubos son muy cortos, los gases se escapan á la atmósfera conteniendo aún un gran número de calorías no utilizado; hay, pues, desperdicio de combustible, y destruccion rápida de la caja de humo por la elevada temperatura que en ella reina, y por los golpes de fuego que pueden recibir sus paredes. En efecto, si las puertas de la caja de humo no son completamente impermeables al aire exterior, penetrará; y encontrando los gases, compuestos en gran parte de carburos de hidrógeno, á una elevada temperatura, los inflama con el oxígeno que contiene. Este fenómeno se vé algunas veces en las vías férreas, principalmente de noche. Si se dá á los tubos una excesiva longitud, el calor de los gases se utiliza mejor; pero la última parte de aquellos produce muy poco vapor, porque la temperatura de los productos de la combustion es en estos sitios poco superior á la del agua de la caldera: tal pudiera ser la longitud, que la salida de los gases por la chimenea exigiese un tiro enérgico. El exceso de longitud de la tubería supone además un aumento de esta dimension en la máquina, con grave perjuicio de su flexibilidad en el paso de las curvas. Por estas razones, los límites más comunes de la longitud de los tubos son 3 metros y 5 metros: pocas máquinas los tienen de esta última magnitud, y se admite que, más allá de 4 metros, los tubos no aumentan la produccion de vapor.

221. Número de tubos.—Tiene su límite el número de tubos que á una caldera puede darse; límite fijado por las consideraciones siguientes, importantes todas. El aumento del número de tubos trae consigo una disminucion en el espacio reservado al vapor; el desprendimiento de las burbu-

jas de éste, al producirse, se dificulta; fórmanse cámaras de vapor entre los tubos, y como consecuencia inmediata golpes de fuego en las partes no bañadas por el agua; la limpieza es ménos fácil, las incrustaciones mayores; el diámetro de la caldera no puede exceder de límites bien reducidos, segun se vió en la descripcion detallada de la locomotora (párrafo **64**), de modo que sólo se podrá hacer mayor el número de tubos disminuyendo su diámetro, y entónces es preciso imprimir una velocidad enorme á los gases, para su salida, que tendrá por efectos un arrastre considerable de partículas sólidas y desgaste rápido de la tubería, y para conseguirlo habria necesidad de cerrar la válvula de escape, creando contrapresiones considerables en los émbolos.

Los inconvenientes de la disminucion de diámetro en los tubos son tanto más graves cuanto mayor es su longitud. El diámetro oscila entre 6 y 4 centímetros, y sólo desciende de este último límite en casos muy excepcionales, cuando los tubos son excesivamente cortos. (Caldera de Mac-Conell.)

La relacion más general entre la capacidad de la caldera reservada al agua y la del vapor es de 2 : 1, suponiendo cubierto el cielo del hogar en una altura de $0^m,1$. Esta circunstancia servirá para fijar el número de tubos.

Reasumiendo: el aumento de superficie de calefaccion indirecta tiene un límite muy pequeño, que no puede rebasarse sin graves inconvenientes.

Aun cuando no se ha comprobado por nuevas experiencias, las hechas en el Norte francés vienen á descubrir un hecho importantísimo, que convendria ver demostrado. A partir de un cierto límite, el aumento de número de tubos no afecta ni á la potencia de la máquina ni al efecto útil del combustible: esto suponiendo siempre que su separacion y diámetro sean convenientes.

222. Secadores.—Conocidos son ya los inconvenientes que resultan de que el vapor formado en la caldera conten-

ga gran cantidad de agua arrastrada por la vaporizacion violenta; entre otros recordarémos el gravísimo de la disminucion de la potencia dinámica de un volúmen dado de vapor. Se ha tratado de remediar el mal, vaporizando el agua arrastrada por medio de un aparato llamado *secador*. Los secadores dan un aumento á la superficie de calefaccion indirecta; solamente que, en vez de hacer mayor la potencia de vaporizacion de la caldera, aumentan la tension del vapor ya formado. De todos modos contribuyen, aunque en pequeña escala, al objeto que se desea, es decir, á formar máquinas poderosas.

El sistema consiste en llevar el vapor de la caldera generadora á otra pequeña, tubular, en comunicacion con la primera por uno ó más tubos de gran seccion. Los productos de la combustion, al llegar á la caja de humo, penetran en la tubería del secador, antes de escaparse por la chimenea: en el secador, que hace el papel de cámara de vapor, están las tomas para los cilindros. Las figuras 2 y 5, lámina 20, indican el sistema generalmente admitido. No hay cúpula: *L* es el secador, y su tubería tiene que ser de mayor diámetro que la de la caldera generadora, para que el aumento de rozamiento que los gases experimentan no afecte á su fuerza ascensional.

Mr. Gaudry no encuentra ventajas en la adopcion de los secadores (*). Segun él, es difícil conseguir la completa vaporizacion del agua que contiene el vapor, porque éste es poco conductor del calórico, á ménos de elevarlo á una temperatura de 500°: los gases que llegan á la caja de humo no pueden proporcionarla; y si para alcanzarla se reduce la longitud de los tubos en la caldera generadora, resulta una disminucion notable de la superficie de calefaccion. Además: áun suponiendo que pueda obtenerse, el vapor demasiado

(*) *Máquinas de vapor*. (Tomo III, página 141.)

seco tiene inconvenientes no despreciables en la aplicacion; no posée las propiedades lubrificantes que el agua dá al vapor.que la contiene, y que tanto favorece al rozamiento de los émbolos, distribuidores, etc., y por lo tanto á su conservacion; quema muy pronto las estopas y las guarniciones de las juntas.

Sin negar la validez de estas últimas razones, los prácticos están conformes en que las buenas cualidades del vapor seco superan á los inconvenientes citados.

Lo que sí puede asegurarse es que la temperatura de los tubos del secador no llega al límite inferior necesario para la vaporizacion del agua arrastrada; y como pudiera objetarse que á pesar de lo dicho los secadores han prestado los buenos servicios que de ellos se esperaban, añadirémos que el efecto obtenido se debe principalmente á la forma del secador como cámara de vapor, pues que impide, ó hace menor, la proyeccion de agua por la ebullicion, y á su volúmen y gran altura sobre el nivel de líquido en la caldera, que ayuda al fin conseguido.

223. Potencia relativa de vaporizacion del hogar y de los tubos.—Las diversas partes que componen la superficie de calefaccion total, tienen distinta potencia de vaporizacion. En el hogar, segun las experiencias de Mr. Armstrong, la produccion de vapor del cielo es mayor que la de las paredes, porque al desprenderse en estas últimas, asciende verticalmente á lo largo de ellas y forma una capa aisladora que impide el contacto del agua con el metal, necesario para que no se interrumpa la vaporizacion.

De ser cierto el hecho y la explicacion, esta misma desigualdad de produccion existirá en la tubería. La mitad superior debe producir más vapor que la otra mitad, por las mayores dificultades que en el desprendimiento de éste hacen experimentar los tubos, sobre todo si están colocados al tresbolillo horizontal.

En sentido de la longitud de los tubos se encuentran tambien notables diferencias de fuerza vaporizadora; el último tercio de los tubos de 4 metros, contado á partir del cajon de fuego, tiene una potencia de vaporizacion de $\frac{1}{5}$ de la del primer tercio. Siendo muy difícil, en la práctica, el cálculo de la potencia de vaporizacion de un generador, si se tiene en cuenta estas graduaciones, sólo se admite la division de la superficie total en las dos partes, directa ó indirecta, ya enumeradas; y se admite que un metro cuadrado de superficie indirecta produce un efecto tres veces menor que igual unidad de superficie directa.

224. Aumento de la superficie directa de calefaccion. Hervidores.—En vista de los inconvenientes que se encuentran en el aumento de la superficie de calefaccion indirecta, y de su pequeña potencia de vaporizacion relativa, todos los ingenieros están conformes en que, cuando las necesidades de explotacion exijan la construccion de máquinas poderosas, de gran potencia de vaporizacion, debe buscarse preferentemente el aumento de superficie en el hogar. No quiere decir esto que se desprecie la superficie indirecta, pues se ha convenido desde un principio en los excelentes resultados que proporciona; y si bien es cierto que su potencia de vaporizacion es inferior á la del hogar, en cambio la superficie es superior en magnitud á la de éste. Sólo se ha tratado de hacer ver los peligros y escasos resultados que nacen de su excesivo aumento, cuando se rebasa el límite que la experiencia ha asignado.

Un modo de hacer mayor la superficie directa consiste en la colocacion de *hervidores*, que no son otra cosa que cajas de agua contenidas en el hogar, que se comunican con el cajon de fuego exterior. (Véanse las figuras 1 á 5 de la lámina 19.)

Los hervidores se colocan longitudinal ó trasversalmente. En el primer caso descienden del cielo del hogar hasta

una pequeña distancia de la parrilla, quedando dividido éste en dos partes completamente independientes para la conduccion del fuego, con una portezuela en cada uno para la alimentacion del combustible. Para no disminuir el número de tubos, el hervidor se detiene á una corta distancia de la placa tubular, de modo que la llama lo envuelve completamente (figura 1).

Es defecto peculiar de los hervidores el dificultar más ó ménos la limpieza de los tubos y la buena conduccion del fuego. Además: el tipo que se está discutiendo adolece del inconveniente capital, cuando se aplica á hogares de pequeña seccion horizontal, de reducir la superficie de la rejilla, obligando con esto á aumentar el espesor de la capa de carbon y hacer su combustion más difícil de lo que ya era, por el sólo hecho de la division de la masa en dos hogares distintos.

Pueden colocarse los hervidores trasversalmente y en la parte baja del hogar para no tapar los tubos: el hervidor podrá tener poca altura, para que la cámara anterior de las dos en que queda dividido el hogar sea accesible al maquinista en la carga y vigilancia del fuego. Este tipo dá menor aumento de superficie de calefaccion que el anterior y no salva ninguno de sus defectos; sin embargo, se encuentra aplicado en algunas máquinas nuevas.

Los hervidores del hogar, sistema Tembrinck (figuras 2, 3 y 4), son inclinados, unidos á las paredes por medio de dos tubos y á la placa tubular con los otros dos; no embarazan la rejilla ni obligan á disminuir el número de tubos: sin embargo, adolecen de uno de los defectos generales, la falta de libertad en las dilataciones y contracciones que los fatiga y destruye tanto. Además: no cabe la menor duda de que impiden la radiacion de las brasas á parte del cielo del hogar y placa tubular. No obstante esto, son empleados en el extranjero, pero el aprecio que de ellos se hace es debido más bien

á sus condiciones de fumivoridad (número **230**) que á las de generador de vapor. Pueden, pues, considerarse como desechados por la experiencia los hervidores; y como esto mismo demuestra la insuficiencia de la superficie de calefaccion directa en las máquinas antiguas, se ha resuelto el problema, en la actualidad, no con formas complicadas del hogar, sino conservando las antiguas y aumentando las dimensiones considerablemente, introduciendo al efecto variaciones en la caldera y creando tipos especiales que describirémos; pero antes conviene decir algunas palabras sobre la *influencia del combustible en la disposicion y forma de las calderas.* En un principio, las locomotoras sólo quemaban cok en sus fogones, por considerarlo como el mejor combustible en la marcha del fuego, produccion abundante y fácil de vapor, y conservacion de la caldera, y porque desprende poco humo, circunstancia que los Gobiernos extranjeros hicieron se cumpliera forzosamente, no sólo en la locomotora, sino tambien en las máquinas fijas de los establecimientos industriales. Todo generador de vapor debia estar dispuesto para *quemar el humo* de su hogar.

Aunque en la segunda parte de esta obra se trata con más detalles la combustion, es conveniente adelantar algunas ideas, con objeto de hacer más inteligible la cuestion que nos ocupa. Cuando la combustion es completa, el combustible se trasforma completamente en ácido carbónico: este hecho no se realiza por completo, aunque fuera de desear, puesto que proporciona mayor número de unidades de calor, y los productos gaseosos de la combustion son generalmente óxido de carbono y ácido carbónico. Estos gases son incoloros, y por consecuencia invisibles, y son distintos de lo que se llama *humo*: el humo es producido por partículas muy divididas de carbon, que por una causa cualquiera se desprenden del combustible y colorean los gases de la combustion.

El cok, como se deja dicho, dá muy poco humo, y esta circunstancia ha sido una de las que hicieron preferir su empleo al de otros combustibles. Las condiciones de combustion del cok se prestaban además perfectamente á los hogares pequeños de las locomotoras primitivas, puesto que conservando su forma los trozos, al convertirse en brasa, y dando una cantidad de cenizas relativamente pequeña y ninguna escoria, quedan libres los intersticios que resultan entre aquellos para el paso del aire que ha de alimentar con su oxígeno la combustion, y permite dar una gran profundidad á la carga de carbon. Así es que los hogares de las máquinas primitivas eran de grande altura y pequeña seccion trasversal, lo cual se acomodaba perfectamente con la limitada extension de las superficies de calefaccion empleadas: porque hay que tener en cuenta que existe una relacion íntima entre el área de la rejilla, donde ha de quemarse el combustible, y la de las superficies de calefaccion: de poco serviria aumentar considerablemente éstas si la primera no daba colocacion á toda la cantidad de combustible que es preciso quemar en la unidad de tiempo para caldearlas, puesto que para cada combustible hay un límite superior de altura de carga, que no es posible rebasar.

Miéntras que las compañías de las vías férreas pudieron proveerse de cok á precios moderados, continuaron empleándolo; pero cuando experimentó una rápida y considerable subida en precio, les fué ya más difícil, y á veces imposible, el adquirirlo, y tuvieron necesidad de apelar á otro combustible más económico y de más fácil adquisicion, y se decidieron unánimemente por la hulla, de la cual, como es sabido, se obtiene el cok por la destilacion, que hace desaparecer la parte bituminosa de aquella, y no deja más que el carbono.

Las primeros ensayos del nuevo combustible remontan al año 1840. La sustitucion no se hizo, sin embargo, decidida-

mente; empleándose primero mezclas de los dos combustibles, solamente la hulla despues para máquinas de mercancías, y por fin, exclusivamente esta última para toda clase de servicios. Conviene indicar que el recelo principal experimentado, para el empleo del nuevo combustible, era el humo abundante que produce: por lo demás, posée propiedades excelentes, acreditadas por la práctica: es más inflamable y denso que el cok, la produccion de vapor es más abundante y económica, la presion en la caldera se mantiene mejor y puede alcanzarse ó aumentarse más fácilmente. En cuanto á la conservacion de las cajas de fuego, está probado que exceptuando las hullas demasiado sulfurosas, las demás conservan el hogar más que el cok. Este punto es de la mayor importancia, pues los desperfectos de los hogares y tubos representan una cantidad de consideracion en los gastos de reparacion de las locomotoras, y suelen originar dificultades y peligros en el servicio. En cuanto á los tubos, aunque no se ha llegado á una conclusion cierta, las experiencias practicadas dan á entender que su duracion es mayor con la hulla que con el cok, tal vez porque en este último, sobre todo si es duro, dada la profundidad de la carga, resulta una resistencia excesiva al tiro, y para vencerla se necesita apretar la válvula de escape, con todo lo cual los fragmentos sólidos arrastrados ejercen un rozamiento enérgico en la tubería.

En la primera época del empleo de la hulla sólo se aceptaba la *granada*, es decir, en trozos gruesos; pero bien pronto se reconoció que de este modo se limitaban mucho las ventajas deseadas, pues que el nuevo combustible, sobre todo cuando es muy friable, deja una gran cantidad de menudos, que quedaban sin aplicacion. Ideóse entónces fabricar con ellos aglomerados, en forma de cilindros ó ladrillos, y más tarde, para prescindir de los gastos de fabricacion, se aplicaron directamente en los hogares los menudos sin aglomerar.

La sustitucion de combustible varió por completo las condiciones del fogon. La hulla se hincha y funde en la combustion: si han de quedar, pues, intersticios para el paso del aire, es preciso que la carga tenga poca profundidad, especialmente cuando se emplean menudos; otros fenómenos que ocurren en la combustion obligan tambien á reducir esta altura, que nunca excede de $0^m,15$ á $0^m,3$ y llega algunas veces á $0^m,04$. Esta circunstancia exige un aumento considerable en el área de la rejilla para tener un cubo de carbon suficiente (*).

Los intérvalos entre las barras de la rejilla deben ser menores para que el combustible no se tamice y caiga, y, por lo tanto, las barras deberán ser más estrechas, con objeto de no reducir los vacíos dejados para el paso del aire: como consecuencia inmediata, al disminuir aquellos de seccion, no pueden emplearse de una sola pieza, y hay necesidad de sustituirlos por otros más cortos, puestos unos á continuacion de otros sobre soportes intermedios.

La hulla dá escorias y necesita mayor vigilancia, y unidas estas consideraciones al aumento del área de la rejilla, se ha deducido la necesidad de modificar las portezuelas de

---

(*) El aumento del área de la rejilla no puede hacerse fácilmente en sentido de su anchura, porque la limita la anchura de la vía. Si se aumenta la longitud, conservando la misma altura el cajon de fuego, queda un enorme peso volado detrás del último eje; la solucion del problema es, pues, aumentar la longitud, pero disminuir la altura del hogar para que pueda colocarse un eje debajo del cenicero. El alargamiento de la rejilla trae consigo una notable disminucion en la longitud de los tubos, puesto que la de la caldera es limitada; pero el desarrollo que obtiene la superficie de calefaccion directa compensa con mucho la disminucion de la indirecta, y resulta entre ambas una relacion más favorable, sino á la economía del combustible, por lo ménos á la potencia de vaporizacion y ligereza de la máquina, circunstancias ambas á cual más importante.

carga, haciéndolas más anchas y colocándolas más abajo. Tambien se ha hecho preciso el empleo de una parte móvil de rejilla para poder arrojar las escorias formadas, con facilidad.

Todas estas condiciones se hallan satisfechas en el hogar Belpaire (figura 6): *g i* es la portezuela del hogar; *F* son las barras; *M* la parte móvil, y *A A'* las palancas para su maniobra.

225. Fumivoridad.—Al admitir la hulla como único combustible en los fogones de las máquinas, quedaba por resolver la cuestion del humo: la fumivoridad tiene por objeto suprimir el humo que se desprende de los hogares. La causa del humo en la combustion de la hulla es la siguiente. El calor hace desprender de los trozos de hulla cantidad notable de un gas, el carburo de hidrógeno: si estos carburos se encuentran á una temperatura elevada y con el oxígeno necesario, se queman completamente, convirtiéndose el hidrógeno en agua y el carbono en ácido carbónico, de modo que los productos emitidos por la chimenea son incoloros; pero si no se reunen estas dos circunstancias, se quema tan sólo el hidrógeno, y el carbono, en un estado de division muy grande, queda libre y constituye la materia colorante.

El humo puede provenir de una mala conduccion del fuego ó de la disposicion defectuosa de los hogares. Las precauciones para la buena conduccion del fuego, que se explican en la segunda parte de esta obra, evitarán la primera causa; sólo resta tratar de las condiciones que un hogar fumívoro debe poseer.

El carbono, separado de su combinacion con el hidrógeno, formando humo, es muy difícil de quemar: así la cuestion que debe resolverse no es la de *quemar el humo* ya formado, sino la de evitar su formacion.

Para conseguirlo es preciso, segun se indicó anteriormente: primero, la admision de una cantidad suficientemen-

te grande de aire en el hogar; segundo, que el aire inyectado encuentre á los carburos de hidrógeno en el punto en que tienen una elevada temperatura, condicion indispensable para su combustion, y que esto se verifique antes de su entrada en los tubos, pues si se queman en la caja de humos saldrán por la chimenea los gases inflamados, sin utilizar en la vaporizacion las calorías formadas, y con grave perjuicio de la conservacion y entretenimiento de aquella; y tercero, que se mezclen bien los carburos de hidrógeno con el aire, para que cada partícula de ellos se vea envuelta de la cantidad de oxígeno que su completa combustion exige.

Los sistemas empleados para obtener la fumivoridad son numerosos, pero todos ellos pueden comprenderse en dos grupos. En el primero figuran aquellos que queman en el mismo hogar los gases carburados; forman el segundo los que reservan á este objeto un espacio llamado cámara de combustion, situado entre el hogar y los tubos. En todos se hace preciso admitir una cantidad de aire mayor que la proporcionada por los huecos de la rejilla, resultado obtenido fácilmente abriendo nuevos orificios en las paredes de la caja exterior de fuego; debiendo siempre tener especial cuidado en situarlos de tal modo, que el aire que conducen recorra toda la superficie de combustible incandescente, antes de escaparse por los tubos, pues si entran en éstos sin cumplir la condicion indicada, sucede una de dos cosas, perjudiciales ambas: combustion de los carburos de hidrógeno en la caja de humos, ó combustion del hidrógeno solamente.

226. Primer grupo—**Ventilador.**—El ventilador es un aparato fumívoro, pues que contribuye, activando el tiro, á proporcionar mayor cantidad de aire cuando la máquina esté parada. Todas las máquinas lo tienen, aunque estén provistas de otras disposiciones para la fumivoridad.

227. Hogar Belpaire.—La portezuela tiene un orificio *g* (figura 6) en la pared externa, y otro *i* en la parte inferior

de la interna, junto á la rejilla. El aire penetra por *g*, se calienta y sale por *i*, encontrando á los gases carburados junto al combustible.

228. Aparatos ingleses.—Uno de los procedimientos primitivos consiste (figura 5) en hacer un orificio *b* en el centro de la portezuela del hogar, cubierto interiormente con la pantalla *a*, llamada *quema humos*. El aire penetra por *b*, y se calienta con el contacto de la pantalla *a* al penetrar en el hogar.

Otra infinidad de sistemas análogos están en uso en Inglaterra: en el *Jenkins*, hay una plancha de palastro inclinada que parte de la placa tubular, por debajo de la fila inferior de tubos, y tiene por objeto obligar á la corriente de aire á reflejarse sobre la rejilla. Las entradas de aire se verifican por virotillos huecos, situados en la pared anterior y posterior del cajon de fuegos, graduando la abertura con un registro.

Mrs. Marcan y *Lees* sustituyen la plancha de palastro con un arco de ladrillos refractarios, cuyos arranques están en las paredes laterales, y el trasdós de la clave á la altura de la línea inferior de tubos.

Douglas emplea un registro de aire en la portezuela, con un quema humos de los ya descritos.

En otras máquinas se prolongan los tubos al exterior de la caja de humos.

229. Sistemas Thierry, Clark y Frodsham.—El principio es el mismo en todos ellos: se inyecta en el hogar un cierto número de pequeños chorros de vapor tomados de la caldera. El vapor inyectado sirve para hacer un llamamiento de aire exterior, y sobre todo para verificar la mezcla de los gases con el aire admitido, en la region en que la temperatura llega al máximo. En el sistema Thierry (figura 7), el tubo *t* toma vapor de la caldera y lo conduce al *T*, que está cerrado en sus extremos, y provisto de agujeros en su

superficie: la llave *R* sirve para maniobrar, á voluntad, el aparato. Las líneas del dibujo indican la direccion de los chorros de vapor dirigidos á la parte baja del hogar: un registro practicado en la portezuela sirve para la admision del aire. Los orificios del tubo *T* son de forma cónica y tienen $0^m,025$ de diámetro interior y $0^m,045$ al exterior: la pantalla *b* lo protege de la llama. El aparato Thierry hace las veces de ventilador y puede servir, en union de éste, para elevar rápidamente la presion de la caldera, cuando se enciende el fogon, desde que el vapor tenga de dos y media á tres atmósferas de presion: es de fácil instalacion y entretenimiento, y aunque se le achaca el defecto de interrumpir el tiro de la chimenea, presta excelentes servicios en las máquinas á que se ha aplicado.

230. Hogar Tembrinck.—(Figuras 2 y 3.)—La portezuela ordinaria del hogar está sustituida por una abertura rectangular que ocupa toda la anchura del cajon de fuegos. La mitad superior de esta abertura sirve para la introduccion de aire fresco, y está provista de un registro *a* para graduar la admision: de la mitad inferior sale un cajon *b*, cuyo fondo *c* está en prolongacion de la rejilla *k*, inclinada 20° á 30°, segun la naturaleza del carbon, y la tapa *d* la cierra; por este cajon se hace la carga del combustible. Una abertura que hay en la plataforma, debajo de la caja descrita, provista de una tapadera, permite al maquinista ver la parte inferior de la rejilla inclinada y picar el fuego por debajo de las barras. Dos pequeñas portezuelas *m*, en la parte superior, sirven para examinar el estado del fuego. El intérvalo que hay entre la arista inferior del hervidor y la placa tubular, está cubierto con trozos de ladrillo refractario.

Véase cómo se verifica la combustion en este hogar. El combustible que penetra por la caja de carga *b*, cae en la parte superior de la rejilla inclinada, va destilando, y desciende á la parte inferior *n* convertido en cok. La llama que

proviene de esta parte, sube lamiendo la pared inferior del hervidor, y el carbon colocado en lo alto de la rejilla, calentándolo; se mezcla allí con los gases que éste desprende y con el aire introducido por la portezuela *a*; fórmanse remolinos, y sube, por fin, despues de haber quemado los carburos de hidrógeno, bañando la parte superior del hervidor, para dirigirse á los tubos. El registro *a* regula la cantidad de aire necesario: si es insuficiente, habrá humo, porque no se quemarán todos los gases; si se admite en exceso, se producirá el mismo resultado, porque se enfriarán.

Las barras de la rejilla están en abanico (figura 4) para que los claros de la parte inferior sean los más anchos: esta modificacion se ha creido necesaria, porque la parte inferior tiende á obturarse con facilidad.

El hogar Tembrinck reune excelentes condiciones de fumivoridad, verifica una mezcla completa del aire exterior con los gases, y reparte bien la corriente al dirigirse á los tubos, circunstancia importante, debida á la colocacion del hervidor que hace de diafragma, no fusible por contener agua en su interior. Si bien es cierto que por la inclinacion de la rejilla se ha suprimido parte de la superficie de calefaccion, queda compensada esta falta con el aumento que dá el hervidor. Así es que ha dado excelentes resultados en las líneas férreas en que se ha adoptado, por sus condiciones de fumivoridad y economía. Su carácter distintivo es la carga frecuente de combustible menudo.

Un sólo inconveniente de alguna gravedad presenta, y es que el maquinista, que en las locomotoras ordinarias está separado del fuego por la capa de agua que contiene la caja de fuegos exterior, sufre aquí los efectos de la elevada temperatura del hogar por la larga abertura de la caja de carga. Para evitar este inconveniente y hacer aplicables las ideas de Mr. Tembrinck, Mr. Bonnet modificó la anterior disposicion de hogar, como indica la figura 5: tiene la ventaja de

exigir menores gastos de establecimiento y permitir nuevas innovaciones. Habrá podido verse que todos los sistemas comprendidos en este primer grupo se fundan en los dos principios siguientes:

1.° Admision extraordinaria de aire en el hogar, por encima del combustible.

2.° Valiéndose de disposiciones diversas, operar la mezcla de los gases y aire y aumentar su curso desde la parrilla á los tubos, para que á la entrada de éstos se haya efectuado la completa combustion de los productos volátiles.

Si se comparan todos los sistemas descritos, resulta victorioso el Tembrinck: dirige mejor la corriente de aire admitida por encima del combustible, de modo que todos los gases carburados se ven envueltos por él; la temperatura que los gases y aire adquieren es tambien uniforme; y el camino que tienen que recorrer antes de entrar en la tubería es largo. Así que, áun con hullas muy humosas, dá buenos resultados. Los aparatos Thierry, Clark y Frodsham, siguen en valor fumívoro: operan bien la mezcla del aire admitido con los gases carburados, y son excelentes, sobre todo para cuando la máquina está parada, pues aumentan considerablemente el tiro. Los demás sistemas ingleses descritos no son tan enérgicos. Las pantallas, tubos ó arcos de ladrillo refractario, ni dirigen bien el aire admitido al punto conveniente del hogar, ni verifican una mezcla perfecta. Dan, sin embargo, buenos resultados fumívoros con hullas medianamente humosas, pero puede dudarse del éxito con las hullas que contengan mayor proporcion de materias volátiles, como las que queman, por ejemplo, los hogares Tembrinck.

Segundo grupo. La combustion de los gases no se verifica en el mismo hogar, sino en una cámara de combustion situada en el cuerpo cilíndrico, entre el hogar y los tubos, á donde penetra el aire exterior.

Este sistema tiene por objeto corregir la imperfeccion de

aquellos del primer grupo en que la combustion de los gases no se verifica en el hogar, sino en los tubos ó cámara de humo.

231. Caldera Mac-Conell.—(Figura 1.)—La placa tubular no está en la union del cuerpo cilíndrico con el cajon de fuego exterior, sino más adelante, formándose la cámara de combustion *A*. Esto equivale á un aumento considerable en las dimensiones del hogar; pero la rejilla resulta pequeña, y ha de haber siempre una cierta relacion entre ambas superficies, de la que no es posible separarse sin peligro; pues si la rejilla es reducida no podrá cargarse el volúmen de carbon que una marcha regular en la vaporizacion exíge, á no aumentar el espesor de la capa de combustible; y si, por el contrario, es excesiva, saldrán los gases y aire por la chimenea con una temperatura elevadísima, y habrá pérdidas de calorías.

La relacion entre la superficie de la rejilla y la de calefaccion ha de ser, segun Clark, de 1 : 85. El hogar está dividido en dos por un hervidor vertical longitudinal *c*. Los dos hogares se cargan de carbon alternativamente, para que cuando el uno produzca humo disponga el otro de aire caliente en suficiente cantidad; y como estos gases van á encontrarse en la cámara de combustion al salir de los hogares, se verifica allí la de los carburos de hidrógeno. Los tubos en este sistema son cortos, pero numerosos y de pequeño diámetro. Parece ser que á pesar de la poca longitud no hay desperdicio de calor, y que la pequeñez de su diámetro no es causa de que se obstruyan.

232. Caldera Beattie.—Tambien tiene una cámara de combustion análoga á la del sistema Mac-Conell, y en ella, bóvedas de tejas ó ladrillos refractarios huecos, cuyo objeto es almacenar calor, que despues restituyen á los gases y aire que en la cámara penetra, elevándolos á la temperatura exigida por la combustion. En el hogar hay un hervidor colo-

cado trasversalmente. La experiencia no ha sido favorable á estos sistemas, cuyo defecto principal consiste en la pequeñez de la rejilla con relacion á la superficie directa de calefaccion.

233. Ventajas de la fumivoridad.—Bajo dos puntos de vista distintos puede considerarse la fumivoridad: como cuestion de higiene y limpieza, y como medio de economía por consecuencia de un mejor aprovechamiento del combustible.

La importancia del primer objeto no es discutible: el carbono que sale por la chimenea desciende por su mayor densidad, formando una verdadera lluvia en las poblaciones que poseen gran número de máquinas de vapor al servicio de los establecimientos industriales.

En cambio los hogares fumívos, lejos de aumentar el efecto útil del combustible, sólo consiguen en muchos casos disminuir la economía deseada. Experiencias verificadas expresamente con el objeto de resolver esta cuestion han demostrado que la produccion más económica del vapor no corresponde á la fumivoridad; y algunos establecimientos extranjeros prefieren sustraerse á la obligacion que el Gobierno les impone de quemar el humo, pagando una fuerte multa.

A primera vista parece que hay anomalía entre los resultados de la práctica y el principio teórico incontestable de que la combustion completa produce el máximo de efecto útil: sin embargo, hay razones que explican fácilmente esta contradiccion. La pérdida de combustible que dá el humo, por negro y abundante que sea, es insignificante; porque las partículas negras de carbono, que tiene una gran fuerza colorante, emitidas por la chimenea, representan una muy pequeña cantidad de hulla. Segun Mr. Williams, un metro cúbico de humo negro sólo contiene dos gramos de carbono sólido. Ahora bien: en muchos hogares fumívoros, procediendo erróneamente, no se trata de resolver el verdadero

problema, el de prevenir la formacion del humo, sino de quemar el carbono libre; y los medios que emplean, ó producen enfriamientos intempestivos, ó entorpecimientos en la marcha del fuego, que son perjudiciales á la economía de combustible. En todos los sistemas se dá entrada á un suplemento de aire para la combustion de los carburos: es muy difícil que no penetre en exceso, y entónces se ocasionan tambien los enfriamientos de que acabamos de hablar. Así es que los aparatos fumívoros están poco generalizados, y solamente se emplean para hullas muy humosas. De todos modos, la cuestion de la fumivoridad ha dado lugar á estudiar mejor los fenómenos de la combustion en el hogar, y á que se deduzcan reglas interesantes para el mejor aprovechamiento del combustible.

Conviene advertir que, en todo lo que á este asunto se refiere, hay que acoger con prevencion los llamados datos de experiencia, sobre todo cuando se trata de comparaciones; pues hay un elemento que puede trastornar todos los cálculos: la habilidad del fogonero. Es general la idea de que en la bondad de un hogar influyen poderosamente las cualidades del fogonero. Por malo que sea un sistema, si el fogonero es hábil para todas las operaciones de la carga y conduccion del fuego, los resultados se modifican favorablemente en notable proporcion.

Otras causas influyen tambien poderosamente en el valor de las comparaciones: tales son las diferencias de calidad de los combustibles, errores en los pesos, y en la proporcion de menudos que caen por los claros de la rejilla. Importa, por último, no olvidar, que estos ensayos sólo tienen un valor relativo. No indican el número de calorías desarrolladas por un kilógramo de combutible en el hogar que se somete á prueba, sino el aprovechamiento de las calorías, sean las que fueren, para obtener un objeto determinado, que es la produccion del vapor.

234. Diversos tipos de caldera.—Se ha visto ya de qué manera las necesidades de obtener máquinas de gran potencia de vaporizacion, y el empleo de la hulla, han obligado á aumentar considerablemente la seccion horizontal del hogar. Para conseguir el objeto se han adoptado disposiciones diversas, creando tipos especiales de caldera, de los que darémos á conocer los más importantes.

235. Caldera Mac-Conell.—(Figura 1.) Es el tipo inglés para máquinas de gran potencia: cuando se aplica para viajeros, la cámara de combustion presenta una especie de bolsa, que está indicada por una línea de puntos en la figura, con objeto de alojar y permitir el movimiento del eje motor, que es acodado, sin elevar demasiado el centro de gravedad, inconveniente que resultaria de conservar á la caldera la forma ordinaria, pues las ruedas motrices tienen $2^m,160$ de diámetro. El cuerpo cilíndrico contiene un número considerable de tubos, 414, de $1^m,830$ de longitud y $0^m,031$ de diámetro exterior. La caldera está timbrada á 8 atmósferas. Ya se ha visto (números **231** y **232**) los defectos de este tipo.

236. Caldera Crampton.—*Tipo francés* (figura 4, lámina 33.)—Es de la forma ordinaria, sin más variaciones que la supresion de la cúpula: la toma de vapor se hace por medio de un tubo longitudinal situado en la parte de caldera reservada á cámara de vapor. El cajon de fuegos interior es de la forma ordinaria: se ha podido aumentar, sin embargo, las dimensiones, especialmente la longitud, porque el eje motor va colocado inmediatamente detrás.

Estas dimensiones son:

Altura.	$1^m,288$
Anchura.	$1^m,052$
Longitud.	$1^m,382$
Superficie de la rejilla.	$1^{ms},452$
Número de tubos.	173
Longitud.	$3^m,657$

Diámetro.	exterior.	$0^m,050$
	interior.	$0^m,048$
Superficie de calefaccion.	hogar = ...	$7^{m^2},000$
	tubos = ...	$91^{m^2},420$
	Total = ...	$98^{m^2},420$

237. Caldera Engerth.—La máquina del ingeniero austriaco Engerth, fué construida para remolcar sobre rampas de 25 milímetros y curvas de 180 metros de rádio cargas considerables, de 200 toneladas por lo ménos, en buen tiempo.

Resultaba de aquí la condicion ineludible de obtener una gran potencia de vaporizacion, y por consecuencia de aumentar las dimensiones del hogar.

El aumento de anchura no es posible, segun se ha indicado en várias ocasiones: la altura está limitada por la condicion de que el cenicero no choque con el balasto; sólo puede aumentarse la longitud, si el cajon de fuegos ha de conservar su forma, como se ha hecho con el tipo Crampton.

Pero aquí el aumento en longitud debe ser muy considerable, y no es aceptable el sistema de colocar un eje detrás del fogon, porque la distancia entre los extremos resultaria grande y la máquina tendria poca flexibilidad, recargándose además las ruedas anteriores. Engerth resolvió la dificultad haciendo apoyar parte del peso del cajon de fuego sobre los largueros del tender, y uniendo éste al bastidor de la máquina por medio de una articulacion especial, en un punto próximo á su eje trasero, que iba colocado delante del hogar.

Esta disposicion ha facilitado tambien el aumento de la anchura de la caja de fuegos, que así viene á quedar comprendida entre las pestañas de las ruedas del último eje de la máquina y primero del tender, y no está subordinada á la separacion de los largueros del bastidor de la primera, como acontece generalmente.

238. Caldera Petiet.—El problema que trataba de resolver era el de producir, con un generador relativamente ligero, mucho vapor seco, con hulla menuda. Estas dos condiciones exigen una superficie de rejilla muy considerable; y como el aumento de longitud del hogar no era posible, so pena de hacer muy difícil el servicio, fué necesario apelar al aumento de la dimension trasversal, limitada, como es sabido, por la separacion de los largueros del bastidor.

En el nuevo sistema (figura 4, lámina 20), todo el cajon de fuegos va por encima del bastidor, de modo que el marco inferior de aquél *A B* descanse sobre los largueros *C* y *D*. El hogar es del sistema Belpaire: la parrilla tiene $1^m,800$ de ancho y $1^m,850$ de longitud, lo cual dá $3^{ms},33$ de superficie, cifra elevadísima si se compara áun con los hogares del tipo Engerth, que no llegan á 2 metros cuadrados. Las paredes laterales de la caja de fuegos *A A'*, *B B'* son inclinadas: la altura del cielo del hogar sobre la rejilla es de $1^m,228$, resultando $10^{ms},84$ para superficie de calefaccion directa. La puerta de carga *E* está al nivel de la rejilla y tiene $0^m,800$ de base por $0^m,450$ de altura, dimensiones considerables, pero necesarias para el servicio de un hogar tan grande.

Está provisto de un secador *L M* (figuras 2 y 5), de $9^{ms},20$ de superficie, que hace las veces de cámara de vapor, y esta circunstancia permite reducir la que existe comunmente en las locomotoras, por encima del cielo del hogar. Este es uno de los caractéres que posée el tipo que nos ocupa.

Las ruedas de la máquina son pequeñas, de manera que los ejes quedan á una distancia relativamente grande del bastidor; así es que puede colocarse inmediatamente debajo del hogar un par de ruedas, sin peligro alguno de enrojecimiento.

El cielo del hogar tiene una pequeña inclinacion, $\frac{1}{20}$, hácia su parte posterior, para evitar que en las pendientes llegue á desguarnecerse de agua.

La grande anchura del hogar y la disminucion de la altura de cámara de vapor en la caldera, permiten aumentar el diámetro del cuerpo cilíndrico y colocar un número considerable de tubos.

El diámetro medio interior del cuerpo cilíndrico es de $1^m,450$; los tubos son 464; tienen $3^m,5$ de longitud, $0^m,040$ de diámetro exterior, y $0^m,0385$ en el interior, con lo cual resultan 189 metros cuadrados para superficie de calefaccion indirecta. La altura de la caldera con su secador no permitia hacer vertical la chimenea: se ha puesto acostada y funciona bien.

Resumiendo: la caldera Petiet presenta las ventajas siguientes:

1.ª Aumento notable de la superficie de calefaccion directa.

2.ª La pequeña distancia del cielo del hogar á la pared superior del cajon de fuegos exterior, facilita la consolidacion de aquél, sin emplear armaduras ni embarrados complicados, como manifiesta la figura 4.

3.ª Aumento considerable de la superficie indirecta de calefaccion, por el mayor número de tubos que se pueden colocar.

Tal vez pueda objetarse que el número es excesivo y su diámetro reducido, dificultándose con esto la produccion de vapor, y favoreciendo la formacion de incrustaciones. La disminucion del diámetro y longitud ha tenido por objeto poder disminuir tambien el espesor para facilitar la trasmision del calor.

4.ª La distancia entre las placas tubulares es independiente de la separacion de los ejes extremos, circunstancia importante que no se realiza en otros sistemas, porque el eje trasero, ó uno de los intermedios, está próximo á la pared anterior del cajon de fuegos exterior.

La caldera está timbrada á 9 atmósferas.

Los datos numéricos que anteceden corresponden á la caldera de las máquinas Petiet, que en 1863 adquirió la línea de Zaragoza á Alsásua.

239. Caldera Fairlie.—La idea de la caldera Fairlie está tomada de una de las máquinas, titulada *Seraing*, que tomó parte en el concurso abierto en Austria en el año 1851, con objeto de obtener una locomotora que fuera á la vez muy poderosa y muy flexible; es decir, que pudiera remolcar pesos considerables en rampas fuertes, y permitiera á la vez la circulacion en curvas de muy pequeño rádio.

La primera condicion exige una caldera de grandes dimensiones, condicion al parecer incompatible con la segunda, pues el vehículo que ha de soportarla deberá tener un gran número de ruedas, de donde resultará la rigidez que se trata de evitar.

Mr. Fairlie resuelve el problema con dos calderas gemelas, puestas la una á continuacion de la otra, unidas por el cajon de fuego, y descansando en dos carruajes distintos, pero articulados. Cada caldera distinta tiene su chimenea, cúpula, regulador, cilindros, caja de humos, etc., etc., correspondientes.

El sistema propuesto es, pues, el de una máquina doble.

En uno de los tipos primeros que Mr. Fairlie propuso (*) (figura 13, lámina 12), hay un solo cajon de fuegos *A*, comun á dos calderas tubulares que parten de las paredes anterior y posterior: la portezuela de carga es, por lo tanto, lateral. En cada caldera, los gases llegan á la caja *B*, que sirve de cámara de combustion, y vuelven por los tubos *C*, colocados en el sitio reservado al vapor, saliendo por la chimenea *E* comun. En *D*, dentro de la chimenea, vienen á desembocar

(*) *Les locomotives: ce qu'elles sont et ce qu'elles devraient être,* par H. F. Fairlie.

los tubos de escape, correspondientes á cada par de cilindros colocados en las extremidades del vehículo.

Si se quiere utilizar aún más el calor de los gases, la tubería *C* está en comunicacion con la de un secador colocado encima de la caldera; y los gases pasan de *C* al secador, saliendo por la chimenea respectiva, colocada encima de la cámara de combustion.

En el último tipo presentado por Fairlie (línea de Iquico al Perú) hay dos cajas de fuego interiores (figura 8, lámina 19): el conjunto es el mismo que se obtendria uniendo dos calderas ordinarias por sus cajones de fuego, suprimiendo la pared posterior de la caja exterior en donde va la portezuela, y uniendo los interiores con virotillos. Cada caldera tiene tres cuerpos: el primero *A*, más inmediato á la caja de humo, es de seccion circular; el último *C*, contiguo á la caja de fuego, es cilíndrico elíptico, con el eje mayor vertical, y el intermedio *B* de seccion elíptica variable, para poder unir los dos cuerpos anteriores. De este modo la caja de vapor comun, por encima de los cajones de fuego interior parciales, aumenta en capacidad y se suprime el resalto brusco que resultaria entre el cuerpo cilíndrico y el tercero *C*, si no existiera el segundo *B*.

Esta forma es defectuosa bajo el punto de vista de la resistencia, pues sabido es que las calderas de seccion elíptica la presentan menor que las circulares. Para aumentarla, en los dos últimos cuerpos se hace preciso el empleo de tirantes horizontales *a*, que estorban para la colocacion de los tubos superiores: así es que estos, *m*, se ponen con una inclinacion hácia la caja de humos, que complica el sistema notablemente. La única ventaja que resulta de esta inclinacion es la de no quedar desguarnecida de agua la parte extrema de la tubería cuando la máquina franquee rampas muy pronunciadas.

La forma de la caldera es defectuosa y el mal irremedia-

ble, pues la única solucion, que consistiria en hacer de seccion circular uniforme toda la caldera, asignándole el mayor de los rádios de los tres cuerpos, es inadmisible, porque la dimension trasversal aumentaria considerablemente; y como debe reinar una plataforma ancha por los costados de la máquina, puesto que la carga de combustible y vigilancia del fuego se efectúa lateralmente, la anchura total sería exagerada.

Pero prescindamos de su forma y discutamos sus condiciones como generador de vapor.

En principio la idea es aceptable. Tratando de crear un generador de vapor de gran potencia, el aumento consiguiente de superficie de calefaccion, conservando las formas primitivas, conduciria á la construccion de calderas enormes, de gran peso, y exigiendo, por lo tanto, un gran número de ruedas para soportarlo; porque segun hemos visto en el número **185**, el peso que sobre cada rueda puede cargar está limitado por la resistencia del metal, en ella y en los carriles.

Las condiciones de la traccion exigen que todas estas ruedas sean acopladas (número **280**), y de aquí resulta rigidez para el paso de las curvas, en vez de la flexibilidad pedida.

De aquí nació la idea de las máquinas gemelas, remedo de la doble traccion, con cámara de vapor comun, pero funcionando independientemente, teniendo sus ruedas propias, y obteniendo, al mismo tiempo que la flexibilidad exigida, una suma de potencias igual ó superior á la que daria una máquina sola.

Veamos si los resultados conseguidos corresponden á las esperanzas que semejante idea hace concebir. Por de pronto es fácil ver que en los primeros tipos de Mr. Fairlie el desarrollo de longitud de tubería es excesivo, y aunque la idea de utilizar mejor el combustible, haciendo que los

gases al salir por la chimenea posean menor temperatura, es aceptable, y las cámaras de combustion resuelven el problema de la fumivoridad, tambien es cierto que el tiro se dificulta notablemente.

Fijándose en el último tipo se observa la ventaja de los tubos cortos, si se compara con la longitud desmesurada que éstos alcanzarian en una máquina sóla para este caso. Esta ventaja, no obstante, es débil en comparacion con el grave defecto que resulta del empleo de dos cajones de fuegos, que deben cargarse lateralmente. El maquinista y fogonero están separados, uno por cada lado de la caldera, y el buen servicio de la locomotora se resentirá con esta separacion. Además, la existencia de dos aparatos de combustion distintos y una cámara de vapor comun, ha de dar lugar á grandes complicaciones: si, por ejemplo, baja la presion en la caldera, ¿en cuál de los dos hogares habrá que activar el fuego? ¿cuál de las dos válvulas de escape convendrá cerrar ó apretar? Esto dará lugar á tanteos, á veces falsas maniobras, y casi siempre consumo inútil de combustible.

La inferioridad que la máquina *Seraing*, primera de este tipo, presentó en el concurso del Semring, ántes citado, se debe principalmente á estas causas.

Cuando tratemos del vehículo, acabarémos de discutir el tipo original que nos ha ocupado.

240. Calderas verticales.—Algunas líneas férreas tienen rampas de inclinacion desusada; tales son las del camino del *Mount Washington*, en los Estados-Unidos, y la del *Rigi*, en Suiza: la primera las tiene, término medio, de $0^m,27$, y la segunda de $0^m,22$ á $0^m,25$, con curvas de 180 metros. La vía presenta disposiciones especiales: en un carril central de cremallera engrana una rueda dentada, que es el complemento obligado de la adherencia ordinaria, insuficiente en estos casos.

La caldera no puede ser horizontal en rampas tan pronunciadas, porque quedaria descubierta de agua la tubería ó el hogar: la solucion es dada por las de eje vertical: en el camino del Rigi están aseguradas al bastidor, porque la inclinacion es casi constante; no así en los Estados-Unidos, pues estando muy desigualmente inclinadas las rasantes ha habido necesidad de soportarlas sobre muñoneras. En ambas líneas sólo se trata de remolcar pequeños pesos: el tren se compone de la máquina, el tender y un carruaje para viajeros.

Inútil parece advertir que tan sólo en casos como el que nos ocupa puede hacerse uso de calderas verticales. Dado el objeto de las vías férreas ordinarias, el volúmen de las calderas, para obtener la superficie de calefaccion que su potencia normal exige, es incompatible con otra posicion que no sea la horizontal ó paralela á la vía.

241. Relacion entre las superficies de calefaccion directa é indirecta.—Ejerciendo el área de la rejilla una muy notable influencia en la de las superficies de calefaccion directa é indirecta, no puede por ménos de influir tambien en la relacion de estas últimas.

A hogar reducido corresponde pequeña rejilla, y pequeña es tambien la cantidad de combustible que podrá quemarse en la unidad de tiempo; así es que si los tubos son numerosos y de gran longitud, en una palabra, si se aceptan grandes superficies indirectas, los gases producidos proporcionarán insignificante número de calorías por unidad superficial. Si, por el contrario, el área de la rejilla es excesiva relativamente á la superficie tubular, los gases escaparán á la atmósfera poseyendo aún una elevadísima temperatura, no utilizada.

En cuanto á la influencia del área de la rejilla sobre la del hogar, inútil parece indicarla: sabido es que la primera depende principalmente de la segunda.

La relacion, pues, de las superficies de calefaccion directa é indirecta, es funcion de las dimensiones de la rejilla, suponiendo siempre una buena marcha en el fuego y combustion lo más perfecta que posible sea.

A pesar de esto no se ha establecido un dato numérico fijo, y la relacion se toma, sino empíricamente, de un modo muy arbitrario por lo ménos. Aun los ingenieros ingleses, que se distinguen por la tendencia á la adopcion de tipos uniformes, hacen uso de relaciones que varían de $\frac{1}{15,5}$ á $\frac{1}{7,3}$; es decir, del simple al doble.

Resta, pues, tan sólo presentar datos numéricos relativos á diversos tipos de máquinas; y ante todo conviene indicar una particularidad que se encontrará al hacer el exámen comparativo de estas cifras. Si bien se ha manifestado anteriormente (número **224**), que el aumento de potencia vaporizadora de las calderas se ha buscado preferentemente en la superficie directa de calefaccion, la tubular ha experimentado siempre crecimientos relativamente mayores; es más: el aumento de la primera no excluye el que pueda resultar á la segunda. De aquí el que á medida que se ha hecho mayor la superficie total, haya disminuido la relacion entre la directa é indirecta, como manifiesta la tabla siguiente, que contiene algunos datos referentes á máquinas de las líneas españolas.

Máquinas primeras de Sharp				$\frac{1}{8,5}$
Línea de Valencia á Tarragona	Viajeros	Hogar	$7^{m^2},76$	$R = \frac{1}{13}$
		Tubos	$103^{m^2},10$	
		Total	$110^{m^2},86$	
	Mercancías	Hogar	$8^{m^2},40$	$R = \frac{1}{14}$
		Tubos	$120^{m^2},00$	
		Total	$128^{m^2},40$	
Línea del Norte	Mixtas	Hogar	$7^{m^2},849$	$R = \frac{1}{12}$
		Tubos	$98^{m^2},550$	
		Total	$106^{m^2},399$	
	Mercancías de 6 ruedas	Hogar	$7^{m^2},849$	$R = \frac{1}{12}$
		Tubos	$98^{m^2},550$	
		Total	$106^{m^2},399$	
	Mercancías de 8 ruedas	Hogar	$10^{m^2},032$	$R = \frac{1}{15,5}$
		Tubos	$155^{m^2},580$	
		Total	$165^{m^2},612$	
Máquinas Engerth francesas				$R = \frac{1}{19}$
Zaragoza á Alsásua	Máquinas Petiet de mercancías	Hogar	$10^{m^2},84$	$R = \frac{1}{20}$
		Tubos	$198^{m^2},60$	
		Total	$209^{m^2},40$	

242. Potencia media de vaporizacion por metro cuadrado de superficie de calefaccion (*).—La potencia media de vaporizacion se mide por el número de kilógramos de

(*) No debe confundirse la potencia de vaporizacion total de una caldera, con la media de la unidad de superficie: la primera se obtendrá multiplicando la segunda por el número de metros cuadrados de superficie de calefaccion.

agua vaporizada en una hora por metro cuadrado de superficie. Sabido es que la potencia vaporizadora por unidad de superficie varía de la directa á la indirecta, y áun dentro de cada una de ellas, segun la posicion que ocupa con respecto á la rejilla: aquí suponemos obtenida la unidad de medida de vaporizacion, dividiendo la cantidad total de agua vaporizada en una hora, por el número de metros cuadrados de superficie completa.

En la potencia de vaporizacion de una caldera influyen:

1.° La temperatura del agua de alimentacion.

2.° La relacion entre la superficie total de calefaccion y la de la rejilla.

3.° La naturaleza del combustible, suponiendo siempre una buena marcha en la combustion.

4.° La velocidad de rotacion del eje motor.

5.° La relacion entre las superficies directa é indirecta de calefaccion.

Examinemos la importancia de cada uno de estos elementos.

1.° El aumento de temperatura en el agua de alimentacion hace menor el número de calorías exigido por un peso dado de líquido para vaporizarse; ó lo que es lo mismo, una misma cantidad de combustible vaporizará mayor cantidad de agua en la unidad de tiempo.

2.° De cuanto antecede se deduce tambien que la superficie de la rejilla, al influir en la cantidad de carbon que puede quemarse en la unidad de tiempo, hace que la relacion entre ella y la total, ejerza su influencia en la vaporizacion. A cada relacion distinta corresponde un cierto peso máximo de agua vaporizada.

3.° No todos los combustibles poséen la misma potencia calorífica: además, hay algunos, como la hulla, que ensucian más que otros la tubería, disminuyendo con esto la conductibilidad de los metales.

4.° Conviene distinguir dos velocidades distintas en la máquina: la de rotacion del eje motor, que depende exclusivamente de la del émbolo, y la de traslacion, que á igualdad de esta última proviene del rádio de la rueda motriz.

La velocidad de rotacion del eje motor influye en el tiro, puesto que aumenta con ella el número de pulsaciones ó escapes de vapor por la chimenea: influye tambien por consecuencia en la vaporizacion, porque permite quemar más combustible en la unidad de tiempo.

La velocidad de traslacion puede sólo ejercer accion en la potencia vaporizadora por la cantidad de aire que embarca la rejilla, y que es despreciable si se compara con la obtenida por el tiro artificial. No todos los ingenieros hacen, sin embargo, esta distincion; y comprendiendo máquinas de ruedas motrices de distinto rádio, sientan el principio de que la vaporizacion aumenta con la velocidad, siendo menor, por lo tanto, la de las máquinas de mercancías.

Mr. Couche, cuya autoridad en esta materia está fuera de toda duda, combate esta opinion con las acertadas razones siguientes:

«Supongamos, para colocarnos en condiciones bien definidas, dos máquinas idénticas como caldera, como cilindro, como mecanismo, y que difieran sólo en el diámetro de las ruedas motrices; conducidas de la misma manera y marchando á la misma presion, con el mismo número de vueltas, y por consiguiente con velocidades de traslacion proporcionales á los diámetros de las ruedas.

»El gasto de combustible y la produccion de vapor, serán los mismos en ámbos casos, porque todo es idéntico, salvo un solo punto, el embarque de aire por el hogar, cuya pequeña importancia ya dejamos señalada. El trabajo disponible en la circunferencia de las ruedas motrices será, pues, sensiblemente el mismo en los dos casos; solamente que habrá cambio, compensacion, en los dos factores; la máquina len-

ta dará un esfuerzo de traccion amplificado en la relacion inversa de las velocidades. Es preciso, por supuesto, que este esfuerzo pueda trasmitirse por el intermedio de la adherencia, y que la velocidad no sea inferior á la necesaria.

»Si, pues, la proporcionalidad del consumo, de la produccion del vapor y del trabajo, á la superficie de calefaccion, no está realizada en general; si en la mayor parte de las líneas, las máquinas de pequeña velocidad producen ménos vapor por unidad de tiempo y superficie que las de gran velocidad, es porque en las primeras se activa ménos la combustion, se descuida más el fuego.»

Los tres primeros elementos varian muy poco de una máquina á otra; y en cuanto al cuarto, Mr. Couche y con él otros ingenieros, creen que su influencia no deja sentirse, y que independientemente de la velocidad, las máquinas cualesquiera tienen igual potencia de vaporizacion, que fijan en 40 kilógramos de agua por hora y metro cuadrado de superficie de calefaccion.

Esta opinion nos parece, sin embargo, demasiado absoluta y en ella se prescinde, tal vez más de lo que se debiera, de la influencia activa del tiro en la produccion de vapor: puede, sin embargo, admitirse la cifra anterior como un término medio. Hay que hacer constar, no obstante, la dificultad en la resolucion acertada del problema por la inexactitud del procedimiento, y las causas de error que resultan del agua arrastrada en la vaporizacion, vapor condensado en los cilindros, y por las consideraciones que siguen.

5.° No parece haberse tenido en cuenta un elemento importantísimo, señalado al principio de este párrafo con el número 5; la relacion entre las superficies de calefaccion directa é indirecta. Despues de convenir todos los autores en que la unidad de superficie de la segunda tiene una potencia vaporizadora $\frac{1}{3}$ de la de la primera, sólo atienden, al buscar la unidad de medida, á la superficie total. Inútil pa-

rece entónces la distincion señalada. Si para obtener la unidad media de vaporizacion se divide el peso de agua vaporizada por la suma total de unidades superficiales de calefaccion, se prescinde por completo de la considerable diferencia señalada entre la potencia vaporizadora del hogar y la de los tubos.

Supongamos que dos máquinas distintas tienen una misma superficie total de calefaccion, 100 metros cuadrados por ejemplo: el método empleado supone igualdad de condiciones en ambas para la produccion de vapor, áun cuando una de ellas tuviera 20 metros cuadrados de hogar y 80 de tubería, y la otra 5 metros cuadrados y 95, respectivamente. Así es que si para medir el agua total vaporizada por una caldera se multiplica el número 40 por el de metros cuadrados de superficie de calefaccion total, se cometerán graves errores.

Puesto que se ha fijado la relacion de 1 á 3 para la potencia vaporizadora de los tubos y hogar, lo procedente sería reducir la primera á unidades de la segunda especie, dividiendo por 3, y dividir despues el peso total de agua vaporizada, por la suma del número anterior y del de metros cuadrados del hogar.

Aun así, debian tenerse en cuenta la rapidez con que disminuye la fuerza de vaporizacion con la longitud de los tubos.

243. Superficie de vaporizacion comparativa. — Este método es el que se sigue en la línea del Mediodía francés. Se admite que más allá de 4 metros los tubos no aumentan la produccion del vapor, y en tal hipótesis queda siempre reducida la longitud á esta dimension. Partiendo de esta base se calcula el área tubular S, se toma el tercio, y llamando S' al área del cajon de fuego interior, la comparativa S'' se supone igual á $S' + \frac{1}{3} S$.

No quiere esto decir que el procedimiento sea completamente exacto.

Si fuera cierto que el aumento del número de tubos, á partir de un determinado límite, no aumenta la produccion de vapor, el método anterior sería erróneo al comparar máquinas que teniendo tubos de la misma longitud y diámetro se diferenciasen en el número, y sólo sería aplicable á los casos en que fuese una misma, ó próximamente, la relacion entre las superficies de calefaccion directa é indirecta. Por supuesto que no sería ménos erróneo el método primeramente indicado. Resumiendo: la cifra que dá la superficie total de calefaccion, no tiene importancia absoluta, y para comparar dos calderas distintas conviene, en los casos en que las relaciones de superficie directa ó indirecta no sean muy distintas, reducir la superficie tubular á unidades directas por el método anterior. En lo que queda dicho no se ha hecho mencion de la superficie de calefaccion de los secadores. Caso de tenerla en cuenta, al reducirla á unidades de superficie directa habria necesidad de afectarla de un coeficiente sumamente pequeño, puesto que se ha reconocido la poca influencia que ejerce en la vaporizacion del agua arrastrada.

244. Agua arrastrada en la vaporizacion.—En la medida de vaporizacion por metro cuadrado de superficie de calefaccion, debe ponerse un coeficiente de correccion, si se trata de calcular la verdadera cantidad de vapor puro producido, pues los datos que anteceden comprenden un cierto peso de agua arrastrada. No todas las partes de la superficie de calefaccion dan la misma cantidad de agua arrastrada; aquellas en que la ebullicion sea más tumultuosa, como sucede en el cielo del hogar, proporcionarán un peso mayor.

Las experiencias practicadas para determinar la cantidad de agua arrastrada en la vaporizacion, han dado resultados muy distintos: miéntras de algunas resulta una proporcion de 4 por 100 con el vapor formado, en otras llega al 30. Esto prueba una vez más la dificultad de llegar á cálculos exactos en la medida de la vaporizacion.

245. Elementos que influyen en la actividad de la combustion.—En cuanto antecede se ha dado por supuesto que la combustion, en el fogon, se verificaba con la actividad que requiere el aumento considerable alcanzado por la superficie de calefaccion.

Aun cuando este asunto se trata con alguna más extension en el capítulo que se ocupa de la combustion, es de necesidad hacer algunas indicaciones para reconocer la forma y dimensiones de algunas partes de la caldera, no discutidas.

Los elementos que influyen en la actividad de la combustion son:

246. 1.°—**Area de la rejilla y relacion entre los claros y llenos.**—Si el aumento que ha sufrido la superficie de calefaccion ha de ser real, preciso es que en la rejilla se queme por unidad de tiempo la cantidad de combustible necesaria para que cada unidad de aquella reciba las mismas calorías. Este objeto no se consigue acumulando carbon en el fogon, porque la buena combustion exige que el espesor de la capa no exceda de ciertos límites, por cierto reducidos ($0^m,1$ á $0^m,3$ para la hulla). Si la combustion ha de ser activa y en las condiciones convenientes, el área de la rejilla debe ser, pues, proporcionada á la magtud de la superficie de calefaccion: de este modo podrá haber en el hogar el volúmen de carbon necesario para la vaporizacion regular, sin excederse del límite de altura señalado por la experiencia para la capa de combustible.

Se establece como relacion más propia entre el área de la rejilla y la de la superficie de calefaccion, la fraccion $\frac{1}{85}$ (número **231**). Suele variar de $\frac{1}{70}$ á $\frac{1}{100}$.

Si la combustion se ha de verificar en las mejores condiciones, es preciso tambien que la cantidad de aire que penetra por la rejilla sea la suficiente para que el oxígeno que contiene se combine con los elementos combustibles del carbon empleado.

Una vez conocidos por el análisis químico estos elementos, así como la composicion del aire, es fácil calcular teóricamente el volúmen necesario para cada kilógramo de combustible. Sin embargo, se haria mal en sujetarse á las cifras dadas por la teoría: en la práctica pasa siempre por la rejilla un exceso de aire notable, sin el cual, no se verificaria una mezcla suficientemente íntima entre los gases combustibles y el oxígeno, y una parte de los primeros escaparia á la accion del segundo. La condicion de introducir en el hogar la cantidad extricta de aire, es un *desideratum* muy difícil de realizar, pero al que se debe tratar de aproximarse, pues un grande exceso traeria consigo la disminucion de temperatura en la mezcla de los gases, y enfriamientos en el hogar, producidos por el calor absorbido por el aire que no participa de la combustion.

La relacion de los claros de la rejilla, á la parte llena, debe variar con la naturaleza del combustible.

Sin embargo, no son las barras de la rejilla las que limitan el paso del aire, sino que principalmente es el combustible el que lo dificulta, dejando entre sus trozos pequeños espacios, unas veces por el estado de division en que se halla y otras porque se funde y aglutina.

La relacion entre la suma de los huecos para el paso del aire y el área total del plano superior de la rejilla, varía en las locomotoras entre $\frac{3}{8}$ y $\frac{1}{2}$.

No se crea por esto que las relaciones que preceden son invariables. Cuando un hogar está en actividad, una parte de los huecos queda tapada con el combustible, y la restante, solamente, se utiliza: ambas varían de un momento á otro por la division ó fusion que el combustible experimenta al arder, y por la barra ó pala del fogonero: sería, pues, aventurado establecer cálculos exactos sobre la magnitud más conveniente del área de la rejilla y de la relacion de los claros á las partes llenas, y sólo la práctica dá, para

cada máquina y combustible, la solucion del problema.

Lo que sí puede asegurarse es que, á igualdad de cifras, en las relaciones citadas, conviene reducir el espesor de los barrotes y su separacion, á fin de obtener una distribucion mejor del aire admitido, en la masa de combustible.

Pero no basta dejar al aire libre paso: es preciso obligarle á que penetre con la rapidez suficiente para que la cantidad admitida, en la unidad de tiempo, que es igual al área de la seccion por la velocidad, satisfaga á las condiciones exigidas para una buena combustion, y esto se obtiene con el tiro artificial producido por el escape de vapor de los cilindros.

2.° **Escape de vapor.**—Toda vena fluida ejerce una accion de arrastre sobre los elementos del medio en que se mueve. Tal sucede con el agua con respecto al aire en las trompas de las forjas catalanas, y así se verifica tambien con el vapor con respecto á los gases contenidos en la chimenea y caja de humo. Es de creer que para producir el vacío se una á la accion mecánica del vapor su condensacion; lo cierto es que en la caja de humos y chimenea se hace un vacío que tienden á llenar los gases y aire caliente procedentes del hogar, y que, por lo tanto, hay aspiracion de aire exterior por la rejilla.

Ya se hizo notar en las primeras páginas de este capítulo que la inyeccion de vapor en la chimenea, creando un enérgico tiro artificial, puede considerarse como el complemento de la caldera tubular para la existencia de las máquinas locomotoras. Debe añadirse que ningun otro medio más sencillo y natural pudiera haberse ocurrido, pues él mismo regula en gran parte la actividad de la combustion, segun las necesidades de la traccion. Con este sistema, el gasto de vapor tiene una accion muy directa sobre la produccion. Si la resistencia á la traccion es grande, el maquinista deberá emplear más puntos de palanca para hacer mayor el período de admision y disminuir el de expansion; la cantidad de vapor

gastada es mayor, pero el tiro es más enérgico, la combustion más activa y mayor la produccion. Si la resistencia disminuye, disminuirá á su vez la intensidad del tiro, porque aumentará el período de expansion.

La aspiracion del aire por el hogar no es contínua, pues sólo tiene lugar cuando el vapor sale por la chimenea, y esta emision es intermitente, verificándose dos veces por cada embolada. En el intérvalo de dos emisiones, llamadas *pulsaciones* por los prácticos, se restablece el equilibrio roto en los gases de la caja de humos y chimenea, y se interrumpe la entrada del aire por el hogar. De aquí se deduce la importancia que tiene la velocidad de rotacion del eje motor, porque aumenta el número de pulsaciones por segundo. En una máquina, por ejemplo, cuya rueda motriz tenga $1^m,80$ de diámetro, marchando á la velocidad de 36 kilómetros por hora, corresponden 1,77 vueltas por segundo en el eje motor; y como cada vuelta supone una carrera completa de los dos émbolos ó sea dos emisiones de vapor por cilindro, tendrémos $1,77 \times 4 = 7,08$ pulsaciones por segundo.

Si la velocidad se duplica será $3,54 \times 4 = 14,16$ pulsaciones.

Esta diferencia, que puede llegar del simple al doble en una misma máquina, justifica las observaciones que quedan señaladas en el número **242**, á propósito de la influencia de la velocidad de rotacion sobre la vaporizacion.

247. Escape fijo y variable.—La tension del vapor en los cilindros influye poderosamente en el tiro (*) porque aumenta la velocidad de salida á la chimenea, y como depende de la de la caldera, no está á arbitrio del maquinista el modificarla repentinamente para variar la energía de aquél; pero puede graduarse variando la seccion de desembocadu-

(*) La depresion en la caja de humo es proporcional á la presion del vapor en el tubo de escape.

ra del tubo de escape, con lo cual varía la velocidad de salida del vapor: tal ha sido el objeto de la válvula de este nombre.

En las máquinas inglesas el escape es fijo, es decir, no hay válvula, efecto, sin duda, de la excelencia de los carbones empleados, que no exigen un tiro enérgico. Sin embargo, la válvula de escape es importantísima para el maquinista, pues con ella tiene en su mano un medio rápido y seguro de aumentar el tiro para elevar la presion cuando cualquiera causa accidental lo exija: y esto áun suponiendo que se quemen buenos carbones en el hogar, pues si se emplean hullas malas, de difícil combustion, forzosamente ha de apelar á la válvula de escape.

Para moderar el tiro, reduciendo la cantidad de vapor inyectado, algunas máquinas tienen una válvula que permite al maquinista verter directamente á la atmósfera una parte del vapor de los cilindros. Esta modificacion es poco empleada, pues nunca faltan medios al maquinista para hacer bajar la presion, como se verá en la segunda parte.

El escape de vapor tiene el inconveniente de crear contrapresiones en los émbolos, pero sus ventajas anulan el defecto: debe advertirse, sin embargo, que si bien el escape favorece á la potencia de vaporizacion, produce un exceso de gasto en el combustible, condicion aneja á toda combustion forzada, como lo es ésta. Si la corriente gaseosa fuese más lenta, los gases se despojarian mejor de su calor en provecho de la economía del combustible; siendo violenta, se escapan con una temperatura demasiado elevada. Pero como una de las condiciones indispensables en la locomotora es la produccion abundante de vapor, debe sacrificarse á este resultado el exceso de consumo de combustible.

3.° **Forma y seccion del tubo de escape.**—El tiro es tanto más difícil, cuanto mayor sea la curvatura de los tubos de escape: debe siempre preferirse un tubo único á otro dedos

ramas, pues en éstos el chorro de vapor, procedente de cada cilindro, no sale verticalmente por el extremo, sino con cierta inclinacion, y el cono que forma á la salida choca oblícuamente con la chimenea. El cuerpo del tubo debe ser ancho, estrechándose tan sólo en su extremo superior para formar tobera. La distancia que lo separa del nacimiento de la chimenea no debe ser muy grande para evitar que la base del cono formado por el vapor oculte la entrada de aquella (figura 13, lámina 17), pues entónces se dificultaria el paso del aire.

Si esta distancia es cero, ó si el tubo de escape se introduce en la chimenea, se estrecha la seccion de ésta en la base para la circulacion de los gases. La distancia debe relacionarse con el diámetro de la chimenea, y segun Clark, en general, hacerla igual á este diámetro.

La seccion del orificio del tubo de escape ha de tener un valor absoluto cuyo límite inferior es la de las lumbreras del cilindro ó de uno de los tubos parciales: nunca se llega á este límite para no dificultar la circulacion y salida del vapor. A partir del valor mínimo, los que se asignan comunmente guardan relacion con el área de la seccion de la chimenea y la total de la tubería, que dá paso al aire y gases: si la seccion trasversal tubular es $\frac{1}{5}$ del área de la rejilla, Clark prescribe que el orificio sea de $\frac{1}{66}$ de la primera; á la relacion $\frac{1}{10}$ corresponde la de $\frac{1}{90}$. Todas estas cifras han sido encontradas experimentalmente.

4.° **Volúmen de la caja de humo.**— Segun las experiencias de Mr. Zeuner, el volúmen de la caja de humo no ejerce influencia en la depresion ó vacío relativo que en ella resulta por el tiro: así es que sus dimensiones deben fijarse por consideraciones extrañas á él, como son, por ejemplo, la instalacion sólida de la chimenea, buena colocacion de los tubos de toma de vapor,etc., etc.

248. 5.°—**Altura y forma de la chimenea.**—Caso omiso se ha hecho hasta aquí, por lo que respecta al tiro, del que proporciona la chimenea por su altura como en un hogar ordinario; pero siendo limitada por la de los túneles, puentes cubiertos, etc., el tiro natural es insignificante comparado con el artificial del escape de vapor. Sin embargo: dentro de los límites ordinarios de altura asignables á las chimeneas, hay uno inferior, del que no se puede descender so pena de disminuir la energía del tiro. Este límite es de tres veces el diámetro, caso en que, generalmente, el cono de vapor es rasante al borde superior (figura 6, lámina 17); si se disminuyese (figura 7), el aire exterior penetraria por *m* y *n*. El máximo, para que la depresion en la caja de humo decrezca, corresponde próximamente á treinta veces la longitud del diámetro, segun las experiencias del ya citado Zeuner; pero nunca se llega á este valor, por las limitaciones ántes enunciadas.

El efecto de la longitud de la chimenea es hasta cierto punto comparable con el de la que se dá á los cañones para aprovechar bien la carga de pólvora, y que toda ella se queme en el ánima de la pieza, cuando salga el proyectil. Aumentando la longitud de la chimenea, dentro siempre de los límites señalados, el vapor ejerce su accion por más tiempo; cierto es que el rozamiento de los gases con las paredes es mayor; y esta compensacion es la que establece la invariabilidad del efecto. Más allá de treinta veces el diámetro, la accion del vapor sobre los gases ha alcanzado su límite, y los rozamientos, únicamente, continúan creciendo.

Se han ensayado tambien diversas formas para el perfil longitudinal, y algunos ingenieros atribuyen á la chimenea tronco-cónica ventajosa influencia, pero no están de acuerdo en la mejor posicion de la base menor, ni el grado de conicidad más adecuado.

En cuanto á las chimeneas especiales de Klein, y otras

parecidas, empleadas para la turba, madera, y, en general, combustibles que sean susceptibles de despedir pequeños trozos incandescentes, presentan los inconvenientes de fatigar con su peso la caja de humo, debilitar el tiro, y ofrecer mucha superficie al viento.

249. Tension del vapor en la caldera.—Puesto que la máquina locomotora ha de ser á la vez poderosa y ligera, es preciso que el generador proporcione la potencia exigida, con el mínimum de peso y volúmen: condicion que sólo podrá llenarse siendo la caldera de gran presion, pues de este modo, con un volúmen relativamente reducido de la cámara de vapor, se tendrá disponible gran cantidad de fuerza motriz.

Las calderas de las locomotoras se distinguen de todas las correspondientes á las demás máquinas de vapor, por la gran presion de trabajo que alcanzan: y ha ido cada vez en aumento á medida que los trazados han sido más atrevidos, unas veces por economizar los gastos de construccion en líneas de órden subalterno, otras porque los accidentes topográficos exigian curvas de pequeño rádio y rampas pronunciadas, y muchas veces por las dos razones reunidas.

Así es que de las 8 atmósferas de presion, que formaba el límite superior no hace mucho, se ha pasado á 9, 10, 11 y hasta 14. (Línea férrea del Metropolitain, Inglaterra.)

De aquí se deriva una ventaja importantísima: la expansion con que el vápor trabaja en los cilindros puede hacerse variar entre límites más separados, y con esto la máquina se prestará mejor á las circunstancias distintas de la traccion en trazados accidentados, y podrá desarrollar la potencia correspondiente á las resistencias variables que resultan en el paso de curvas de pequeño y gran rádio, rampas de inclinacion distinta, pendientes y rasantes de nivel.

250. Construccion de las calderas.—La elevacion de presion sin aumentar considerablemente el volúmen y peso

de las calderas, sólo ha podido obtenerse por la perfeccion de los procedimientos metalúrgicos que dan metales más aptos para resistir, en hojas delgadas, grandes esfuerzos de traccion, y por un cuidadoso esmero en la construccion de las calderas.

El cuerpo cilíndrico de la caldera está sujeto á esfuerzos interiores normales que se traducen en tracciones en sentido tangencial á la seccion recta. La forma circular de la seccion evita el empleo de armaduras trasversales para la consolidacion: no sucede así en las calderas de seccion elíptica, como la del tipo Fairlie y otras, pues para conservar su forma necesitan embarrados en sentido del eje menor, y á pesar de ellos no se consigue hacer desaparecer el peligro del cambio de forma y áun el de explosion, razon por la cual la práctica las ha desechado.

En sentido de las generatrices del cilindro se ejerce tambien un esfuerzo de traccion, pero menor en $\frac{1}{2}$ que el normal: esta es una de las razones que obligan á poner el palastro en obra de tal modo, que la línea que indique la direccion del laminado sea perpendicular á las generatrices del cilindro, pues sabido es que en esa direccion se han formado las fibras del hierro y presenta mayor resistencia á la traccion que en sentido perpendicular. De esta forma se dispone el metal con arreglo á los esfuerzos que ha de sufrir, resultando la mayor resistencia para las presiones interiores normales, que son tambien las mayores.

Como la anchura de las hojas de palastro es limitada, el modo de construccion anterior exige que la caldera se componga de tres ó más cuerpos ó grandes tubos; cada uno de ellos puede componerse de una sola hoja, áun cuando hay algunos ejemplos de tubos de dos hojas, con una costura en la union. Se unen los cuerpos entre sí cosiéndolos con roblones, y procurando que las costuras longitudinales de cada uno no se correspondan en una generatriz del cilindro, pues

los puntos de union constituyen la parte débil y no es conveniente reunirlos, sino por el contrario, alternarlos. Por esto las costuras, en dos cuerpos ó tubos consecutivos, se sitúan á distinto lado del plano vertical medio longitudinal, y todas ellas por encima del nivel ordinario de agua en la caldera.

Las paredes planas, tales como las del hogar, caja exterior de fuego y placa tubular delantera, se encuentran en peores condiciones. Estando fijadas por su perímetro al cuerpo cilíndrico y sometidas á la presion interior, se encuentran en el caso de las piezas empotradas en sus extremos y cargadas en toda su longitud. Así es que deberia dárseles excesivo espesor si por sí solas habian de resistir el esfuerzo de flexion á que se hallan sometidas. Se salva la dificultad, sin aumento de espesor, uniendo las paredes planas entre sí, y con las curvas próximas, por medio de tirantes. Así se ligan las paredes del hogar á sus paralelas de la caja exterior de fuegos y la posterior de ésta con la placa tubular delantera. Solamente las placas tubulares reciben un suplemento de espesor, y esto debido principalmente á la mejor colocacion de los tubos, para que tengan más superficie de asiento en los apoyos, se verifique mejor la union, y los agujeros de la placa no se ovalicen; accidente que trae, como consecuencia, la presentacion de fugas de vapor y agua en el hogar.

Ya que de las placas tubulares se trata, no estará demás el advertir que se encuentran en peores condiciones que las demás paredes planas, pues los tubos, léjos de atirantarlas, ayudan á la presion del vapor para flexarlas, por el exceso de su dilatacion con relacion á la del cuerpo cilíndrico. Se comprenderá ahora que el sobre-espesor que reciben es muy conveniente, independientemente de las condiciones de colocacion de la tubería; sobre todo para la placa del hogar, si se atiende tambien á que en muchas máquinas tiene que

soportar, por el intermedio de las armaduras del cielo, una gran parte de la presion que sobre éste gravita.

Los virotillos que unen las paredes planas del hogar y caja exterior de fuego, deben ser lo suficientemente numerosos para que las porciones de superficie comprendidas entre ellos tengan por sí la resistencia necesaria á la flexion. Cumplirán perfectamente su mision, áun para las presiones máximas, espaciándolos $0^m,1$ y dándoles $0^m,022$ á $0^m,024$ de diámetro. Los virotillos están sujetos á un esfuerzo de traccion longitudinal, que se deriva de la presion interior del vapor sobre las paredes planas, y además á la flexion resultante de la diferencia de dilataciones del cajon interior, que es de cobre y más expuesto al fuego, y el interior, que es de hierro. Las dilataciones tienen lugar á partir del marco inferior que cierra el intérvalo de los dos cajones, de modo que la flecha que señala la flexion en cada virotillo es proporcional, á igualdad de las demás circunstancias, á su distancia á dicho marco, como lo comprueba la experiencia, pues las fracturas más frecuentes ocurren en las hiladas superiores.

De todos los sistemas de consolidacion de la pared posterior del cajon de fuegos exterior y la placa tubular delantera, enunciados en el número **43**, son preferibles los que tienen por base la supresion de los tirantes, utilizando el cuerpo cilíndrico para este objeto y aumentando la rigidez de las caras planas.

El cielo del hogar merece fijar preferentemente la atencion, por ser la parte que se encuentra más aislada y está, sin embargo, sometida á una enorme presion: suponiendo que tenga un área de 2 metros cuadrados, á la presion de 10 atmósferas, tendrá que soportar un peso mayor que 20.000 kilógramos. Es, pues, necesario consolidarlo fuertemente.

Dos sistemas están en uso principalmente: el de armaduras longitudinales ó trasversales, que dando rigidez al cielo

del hogar refieren las presiones á las paredes, y el de tirantes, que lo suspenden al techo de la caja de fuegos exterior (número **43**).

Las armaduras longitudinales impiden las dilataciones y presentan el grave inconveniente de fatigar mucho la placa tubular, que ya lo está por las presiones propias y las de los tubos; y si bien es cierto que tiene mayor espesor que l a s demás, tambien lo es que los agujeros para la colocacion de la tubería debilitan considerablemente su resistencia. Las nuevas presiones tienden á ovalizar los agujeros, originando escapes de vapor y agua por las uniones con la tubería.

Estos defectos se agravan con los nuevos hogares, de mayor longitud. Las armaduras son más largas entónces y presentan menor resistencia; siendo un contrasentido referir las presiones á las paredes de menor longitud, porque resultará exagerado el esfuerzo correspondiente á la unidad lineal. Es preferible el empleo de armaduras trasversales, especialmente de las que se apoyan por medio de consolas en la caja de fuegos exterior (figura 2, lámina 5).

Los constructores modernos prefieren el sistema de tirantes de suspension (figuras 2, 13 y 15), que consolida mejor, ocupa menor espacio interior y permite efectúar con más desembarazo la limpieza de la caldera.

En casi todas las máquinas que tienen armaduras trasversales ó longitudinales, éstas se hallan en su totalidad ó en parte suspendidas de las paredes ó techo de la caja exterior de fuego; quedando con esto limitada su accion á la de la rigidez que proporcionan al cielo del hogar. De aquí nació la idea de suprimir las armaduras y verificar directamente la suspension con tirantes, análogos á los virotillos que unen los dos cajones de fuego.

Oponíase á ello, sin embargo, la curvatura que la caja exterior presenta en su techo, pues los tirantes de union con la superficie plana que forma el cielo del hogar, teniendo

diferentes longitudes, alcanzarian dilataciones distintas que afectarian á la forma de ésta. La igualdad de longitud de los tirantes exige el paralelismo de las paredes que se quieren unir, y éste sólo puede obtenerse variando las formas actuales, por cualquiera de los métodos siguientes:

1.° Haciendo plana la techumbre de la caja exterior.

2.° Trasformando en bóveda cilíndrica el cielo del hogar.

3.° Combinando las dos disposiciones: achaflanando al efecto la caja exterior, y la bóveda cilíndrica del hogar.

La primera solucion se encuentra en las calderas Belpaire (figura 2, lámina 5), Vaessen (Alar del Rey á Santander; figura de la lámina 31), Petiet (figura 4, lámina 20), y otras, dando excelentes resultados.

La segunda trae consigo complicacion en la construccion y disminuye la superficie del hogar, y por esto es muy poco usada.

Finalmente: la tercera (figura 13, lámina 5), introducida por Becker en los caminos de hierro austriacos, tiene, como todos los términos medios, los inconvenientes de los dos sistemas primeros, especialmente el de la complicacion de formas. Posée, no obstante, una ventaja con respecto á los demás sistemas: no tiene la rigidez excesiva de éstos en la union del techo exterior con el cielo del hogar, y las dilataciones pueden tener lugar por los arranques *m* y *n*: cierto es que el defecto desapareceria, en los demás sistemas, articulando los tirantes.

Aun cuando no se ha generalizado el sistema de hogares de hojas onduladas (número **44**, figura 15), no cabe duda alguna de que reunen excelentes condiciones de resistencia, y aumento en la superficie directa de calefaccion. La práctica ha probado además que la adherencia de las incrustaciones es menor, sin duda porque las pequeñas variaciones de forma que resultan de las diferencias de temperatura rompen las películas depositadas. Si las paredes laterales

mantienen la presion del techo, no pueden hacerse onduladas, ó por lo ménos las ondulaciones deberán tener una direccion perpendicular á la rejilla; pero en este caso se dificulta la construccion en las uniones de las caras.

251. Aberturas que se encuentran en una caldera.—Resumiendo el número total de aberturas que en una caldera se encuentran, puede dividirse en dos grupos principales. Entran en el primero todas aquellas que imprescindiblemente son exigidas por las necesidades del generador, como, por ejemplo, la puerta ó puertas del hogar; la correspondiente á la cúpula, si la hay; cubeta del silbato, caja del regulador, ventilador, tomas de vapor para el manómetro, tubo indicador del nivel, grifos verificadores, tubos calentadores y de inversion; y finalmente, puntos de desembocadura de los tubos alimentadores de agua: todas ellas pueden utilizarse para la limpieza interior de la caldera, pero además hay otras exclusivamente dedicadas á este objeto, formando grupo á parte.

Componen este segundo grupo: los agujeros de limpieza de los cuatro ángulos inferiores de la caja exterior de fuego, las llaves de desagüe, y los agujeros de las placas tubulares de la caja de humo. La caldera necesita siempre una grande abertura ó agujero de hombre para poder visitar periódicamente el interior, despues de quitada la tubería, y asegurarse del estado de las paredes: cuando no hay cúpula, como sucede en las calderas Crampton, se practica expresamente la dicha abertura (*A*, figuras 11 y 14, lámina 12), cerrándola con tapadera de palastro y pernos de tuerca exterior.

En todos casos, es de gran utilidad proveer al generador de una abertura inferior análoga (*B*, figura 14, y *C*, *D*, *E*, figura 15, para los detalles).

252. Refuerzos de las aberturas.—Los orificios pequeños, como son las tomas de vapor diversas, no disminuyen sensiblemente la resistencia de la caldera; pero tratándose ya de aberturas de gran diámetro, como las de la cúpula y

las de limpieza, superior é inferior, es de suma utilidad reforzarlas en su perímetro, para precaver los desgarramientos que pudieran originarse, sobre todo con las elevadas presiones á que se hace trabajar el vapor actualmente. No se ha comprendido en este número á la puerta ó puertas del hogar, porque el marco de hierro que cierra su contorno, y los virotillos de las caras correspondientes, afirman cuanto es de desear.

Los refuerzos consisten sencillamente en hierros de seccion rectangular, escuadra ó T, cosidos interiormente á los bordes (figura 11, *A'*).

253. Metales.—Para la caldera se ha empleado hasta hace poco el palastro de hierro, prefiriendo el que proviene de un tratamiento metalúrgico con carbon vegetal, porque posée condiciones de resistencia á la traccion y ductibilidad superiores á los obtenidos por el refino de la fundicion segun el método inglés, es decir, al cok.

Nada hay que decir respecto á la primera condicion, pues sabido es que las presiones interiores se traducen en esfuerzos de traccion en el metal: la segunda, la ductibilidad, es de la mayor importancia tambien: un metal ágrio, poco dúctil, sufre más alteraciones en su constitucion molecular, al pasar por las operaciones de la construccion de la caldera, al darle la curvatura, abrir agujeros de los roblones, etc., no dá señales precursoras de ruptura, y cuando ésta se verifica, por consecuencia de la presion interior, en vez de desgarrarse, como sucede con los hierros dúctiles, salta como el vidrio en numerosos fragmentos, que son otros tantos proyectiles lanzados en todas direcciones.

La ductibilidad del hierro se mide por los aumentos de longitud que la pieza sometida á la experiencia sufre con la carga de fractura por traccion. En los hierros ágrios el aumento de longitud es muy pequeño. La carga de fractura por traccion en los palastros de hierro dúctil, llega á 8 kilógramos por milímetro cuadrado de seccion trasversal.

Al aumentar la presion del vapor de las calderas en la rápida progresion que se ha dicho en otro lugar, era preciso obtener mayor resistencia en las paredes, y esto sólo se podia obtener con el aumento de espesor de los palastros, si es que se continuaba empleando el mismo metal. Esta solucion es imperfecta: en el hierro, el poco espesor de los palastros es una condicion obligada de ductibilidad y resistencia, proporcional siempre al espesor, como es de suponer. Un palastro delgado proviene de hierros que han sufrido numerosas caldas, y han sido batidos ó laminados muchas veces; son, por lo tanto, fibrosos, homogéneos y compactos; dúctiles, porque han sido muy descarburados por los caldeamientos; no tienen grietas exteriores ni interiores. Los palastros gruesos no poseen en tal grado estas buenas condiciones, suelen presentar con frecuencia soluciones de continuidad, y al aplicarlos á la caldera padecen más por las operaciones de la construccion; y se aumenta notablemente el peso, defecto grave con que han luchado constantemente todos los constructores.

La verdadera solucion consiste en sustituir el hierro con otro metal que, á igualdad de espesor, ofrezca mayor resistencia: este metal es el acero fundido.

Se ha ensayado el acero fundido, no sólo para el cuerpo cilíndrico, sino para la caja exterior de fuego, y hogar. Generalmente se limita la aplicacion al cuerpo cilíndrico, pero si se quiere obtener como condicion esencial la reduccion de peso, se hace extensiva al hogar: cuando importa disminuir el peso solamente en las cajas de fuego, para mejorar la reparticion del total sobre ejes, sin alterar el del cuerpo de la caldera, se hará ésta de hierro y aquellas de acero fundido.

Dos clases distintas de acero están en uso: el acero fundido en crisol y el Bessemer.

La aplicacion del primero á la construccion del cuerpo cilíndrico, corresponde á las esperanzas fundadas en él: dá

más garantías de seguridad y duracion que los mejores palastros de hierro, y resuelve el problema de la reduccion de espesor á igualdad de presion interior.

Empleado en el hogar no presenta ya sobre el hierro las ventajas de una manera tan clara y decisiva; las experiencias conducen á menudo á resultados contradictorios, y miéntras que algunos hacen ver que la duracion de los fogones de acero es cuádrupla de la de los de hierro, menor la formacion de las incrustaciones y mayor la produccion del vapor en una proporcion de 25 por 100 por unidad de tiempo, y 28 por 100 por unidad de combustible, otros ensayos han conducido á resultados completamente distintos, sobre todo en lo que respecta á duracion.

Hay que advertir, sin embargo, que en estos últimos, segun declaracion de los ingenieros, el acero empleado tenía poca ductibilidad. Es muy probable que con fabricacion más cuidadosa puedan obtenerse palastros de acero fundido aplicables á los hogares; y si la sustitucion del cobre por el nuevo metal no se generaliza, será, sin duda, porque aquél conserva despues de usado un valor intrínseco igual á los dos tercios del precio del mercado, miéntras que el acero viejo apenas tiene valor.

Para hacer ver la reduccion notable de espesores que se consigue con el acero fundido, presentarémos algunos ejemplos.

La caldera de la máquina *L'Avenir*, de Mr. Meyer, de acero fundido en crisol, está timbrada á 10 atmósferas, es de $1^m,40$ de diámetro medio, y tiene un espesor de 9,50 milímetros. Si se le aplica la fórmula de los reglamentos franceses (número **65**), para las calderas de palastro de hierro, resulta un espesor de 25,68 milímetros, es decir, tres veces mayor próximamente.

La máquina *Le Cantal*, francesa, de la línea de Orleans, tiene el cuerpo cilíndrico de acero fundido, con un espesor de 10 milímetros: el diámetro medio es de $1^m,60$ y el timbre 9

atmósferas. En estas condiciones el hierro exigiria un espesor de 26 milímetros.

El acero Bessemer, que tanta aplicacion tiene á todas las necesidades de la industria, en sustitucion del hierro, no ha dado, hasta ahora, buenos resultados en la construccion de locomotoras.

En Inglaterra se emplea bastante, pero es conservando los espesores que al palastro de hierro se daban: el objeto que se desea obtener es únicamente el de mayor duracion.

254. Prueba de las calderas.—Despues de construida ó reparada una caldera debe sufrir una prueba reglamentaria, que consiste en someterla á una presion vez y media de la que marca el timbre. La operacion puede hacerse en frio, con la prensa hidráulica, ó por el vapor de agua, haciendo subir la presion interior al límite ántes señalado. Esta última prueba es más adecuada al objeto, pues coloca á la caldera en las condiciones ordinarias de su trabajo, miéntras que con la prensa hidráulica no aparece en juego un elemento muy interesante, las dilataciones: ni puede mantenerse la presion límite por el tiempo necesario para el reconocimiento. Con la prueba por el vapor, aparecen en muchos casos escapes que no se manifiestan empleando la prueba en frio; sin embargo, es preferida esta última, porque presenta ménos peligros en el caso de fractura de la caldera.

Una objecion suele hacerse á esta prueba reglamentaria: que siendo insuficiente para descubrir defectos ocultos de la caldera, el exceso de presion á que se la somete los agrava, de modo que despues de la prueba, es ménos apta que ántes de ella para soportar las presiones de marcha.

Puede suceder, es cierto, que algunos defectos no se hagan visibles por este método, pero no sucede lo mismo con otros muchos; y no sería prudente privarse de un medio de de verificacion que exige aumentos tan moderados de la presion ordinaria.

CAPÍTULO VIII.

DISCUSION DE LA LOCOMOTORA

CONSIDERADA COMO VEHÍCULO.

255. Clasificacion de las locomotoras por el servicio que prestan.—La disposicion del aparato de vaporizacion, exclusivamente especial de la locomotora, ha dejado de serlo en la actualidad: tales ventajas ha puesto de manifiesto la práctica, que su adopcion, en toda clase de máquinas, es un hecho casi general. El verdadero carácter distintivo de la locomotora es otro: es la trasmision del trabajo motor y la disposicion especial que le permite ejecutarlo al mismo tiempo que se desplaza: de aquí puede deducirse la impor-

tancia grande, ya enunciada en otro lugar, que tiene el vehículo; pues no sólo ha de estar en disposicion de recibir ventajosamente el trabajo de los émbolos, sino que tambien debe operar en las condiciones exigidas por su destino; es decir, que ha de dar poca ó mucha velocidad; en rasantes de nivel ó en rampas y pendientes; en alineaciones rectas ó curvas de pequeño rádio y contracurvas. Toda esta diversidad de casos é incidencias, ¿pueden ser resueltos por un tipo único de locomotora, ó será preciso aceptar variedades adecuadas á cada uno? Esta cuestion merece ser examinada detenidamente: sin embargo, para la mayor claridad y mejor inteligencia de lo que sigue, puede anunciarse que la teoría y la práctica de consuno demuestran la necesidad de la creacion de tipos especiales, clasificados con arreglo al servicio á que están llamados, ó en virtud de las condiciones singulares que poséen, en los grupos que á continuacion se exponen:

1.ª *Máquinas de viajeros.*—Esta clase de máquinas está dedicada exclusivamente al trasporte de viajeros, á velocidades comprendidas entre 40 y 80 (y áun 100) kilómetros por hora. Su carácter distintivo es, pues, la celeridad: las condiciones que debe satisfacer son: detenciones frecuentes, carga variable, espontaneidad y libertad para las maniobras y movimientos, acumulacion de garantías de seguridad, construccion esmerada, áun en la apariencia, para corresponder al exterior de los carruajes, más lujosos siempre que los wagones destinados á otros usos.

Pueden remolcar de 20 á 130 toneladas: la carga ordinaria en vía de rampas de $0^{m},005$ por 1 metro, suele ser de doce á catorce carruajes, comprendiendo en este número los furgones de equipajes, á la velocidad de 40 á 45 kilómetros; y cuando ésta llega á ser de 70 á 80 kilómetros, el número de vehículos, en las condiciones anteriores, no excede de ocho á nueve en una marcha regular.

2.ª *Máquinas de mercancías.*—Tienen por mision arrastrar grandes pesos, hasta de 400 toneladas, á pequeñas velocidades de 20 á 30 kilómetros por hora, cuando más. Su carácter distintivo es, pues, la gran potencia de traccion: las condiciones exigidas son: detenciones prolongadas en las estaciones, precauciones contra los incendios por la inflamabilidad de los productos generalmente conducidos, y exigen tenders pesados que puedan contener la gran cantidad de agua y combustible necesarios. Estas máquinas remolcan trenes compuestos de 20 á 45 carruajes.

3.ª *Máquinas mixtas.*—Las máquinas mixtas, de uso cada vez más frecuente, son, como condiciones de servicio, es decir, como velocidad y fuerza de traccion, un término medio de las precedentes. Pueden arrastrar fácilmente, en rampas de 5 milímetros, trenes mixtos de 20 á 24 wagones de viajeros y mercancías, con peso de 200 á 250 toneladas, á velocidades comprendidas entre 25 y 45 kilómetros por hora.

4.ª *Máquinas de estacion.*—Es de su mision, segun el nombre indica, el movimiento y maniobras de los wagones en las estaciones, para formar y descomponer trenes, introducirlos en las vías de descarga ó apartaderos, etc., etc. Economizan, por lo tanto, tiempo y personal.

Para cumplir en toda su latitud tan importante cometido es preciso qué reunan las condiciones siguientes: poca velocidad; gran esfuerzo de traccion; poco peso para circular con seguridad en las vías accesorias, ménos sólidas muchas veces que las generales por estar destinadas exclusivamente á wagones; reducida longitud en la base de apoyo para poder utilizar las placas giratorias de éstos; facilidades para vigilar el mecanismo sin tener que recurrir á los fosos de picar fuego; y finalmente, estar provistas de aparatos preventivos contra incendios, y otros destinados á la limpieza de la caldera, que ha de estar en presion contínua por espacio de muchos dias.

5.ª *Máquinas especiales.*—En este grupo comprenderémos las máquinas creadas por motivos especiales y que se distinguen de las anteriores por sus exageradas dimensiones ó por la disposicion singular de algunos de sus elemementos. Por lo demás, las máquinas de este grupo podrán incluirse, bajo el punto de vista del servicio, en cualquiera de los tres primeros.

Las razones de la creacion de los diversos tipos de locomotoras enunciados, están expuestas en el artículo primero de este capítulo, que trata de la adherencia; en el segundo, que se ocupa de la estabilidad; y en el tercero, en que se analizan los elementos del vehículo.

ARTÍCULO PRIMERO.

ADHERENCIA.

256. Adherencia.—Para que la locomotora resuelva el problema de la traccion, es preciso que el movimiento de rotacion impreso á su eje motor produzca la traslacion de toda ella y del tren remolcado; y esto exige forzosamente que se establezca una union tal entre las ruedas motrices y carriles, que las primeras, al girar, apliquen sucesivamente los diversos puntos de su circunferencia sobre puntos distintos de los segundos. De no ser así, las ruedas resbalarán ó *patinarán* sobre los carriles.

Las primeras disposiciones adoptadas consistieron en hacer de las ruedas motrices, ruedas dentadas, y de los carriles, cremalleras: con el engranaje contínuo establecido entre ámbos se conseguia el fin propuesto. La presion de los dientes engranados daba la medida de la fuerza de traccion que el motor proporcionaba en la circunferencia de las ruedas motrices: si los dientes se rompian, se interrumpia la traslacion: dedúcese de estas consideraciones que por muy pode-

roso que fuese el motor, no podria aprovechar para la traccion más que una parte de su potencia, la correspondiente al esfuerzo máximo soportable por los dientes de ruedas y cremalleras.

Pero este procedimiento, á más de lo costoso y de difícil aplicacion práctica, era tanto ménos conveniente cuanto mayor debiera ser la velocidad, cuyo valor máximo no podria ser grande sin que se originase la fractura de los dientes por los choques inevitables en el engranaje. La solucion era, pues, imperfecta, y únicamente se llegó á ella de un modo satisfactorio, reemplazando á los engranajes de las disposiciones primitivas la adherencia de las ruedas con los carriles.

La adherencia que se observa siempre entre dos cuerpos en contacto, y que mútuamente se oprimen, depende de las circunstancias siguientes. Por mucha que sea la lisura de las superficies, siempre existen en ellas asperezas imperceptibles, que haciendo las veces de dientes microscópicos, verifican entre los dos cuerpos un engranaje que se opone á que uno de ellos resbale libremente sobre el otro; á esta causa de resistencia al resbalamiento viene á añadirse otra; y es, que no pudiendo considerarse los cuerpos como perfectamente duros, siempre hay penetracion del uno en el otro, penetracion que será para unas mismas sustancias tanto mayor, cuanto mayor fuere la presion ejercida en el contacto.

De aquí resulta que para producirse el libre resbalamiento de uno de ellos sobre el otro, necesitará vencer la resistencia que éste oponga á ser surcado por aquél: es, pues, necesaria una cierta fuerza para vencer la resistencia que, por ambas causas, oponen á un libre resbalamiento dos cuerpos que se oprimen, y á esta resistencia, proporcional, segun se ha indicado, á la presion, se le dá el nombre de rozamiento. Todavía hay que considerar una tercera causa resisten-

te, si bien ésta no forma parte del rozamiento propiamente dicho; y es la adherencia que entre sí adquieren superficies que mútuamente se oprimen, y que depende de la extension de éstas y de la duracion del contacto. Esta adherencia, reconocida, aunque sin que se haya apreciado la causa que la origina, une su efecto al rozamiento propiamente dicho, y en el estudio de la locomotora ha dado su nombre á la resistencia total que por estas tres causas coexistentes experimentarian las ruedas á resbalar libremente sobre los carriles.

No es, por lo tanto, necesario emplear disposiciones particulares con este objeto, y bastará que la presion de las ruedas sobre los carriles sea suficiente para determinar una resistencia al resbalamiento ó adherencia capaz de equilibrar á la fuerza resistente opuesta por el tren, que es necesario venza la motora de traccion para que tenga lugar la traslacion. Esta presion de la locomotora sobre los carriles constituye una de sus principales condiciones dinámicas; y no pudiendo originarse de otro modo que por su peso sobre el eje motor, se determinará éste con la condicion indicada, recibiendo el nombre de peso adherente de la locomotora.

Hechas estas indicaciones, fácilmente se comprenderá el importante papel que juega la adherencia en la traccion; y para dar una idea de él, supóngase una máquina en reposo y capaz de remolcar un tren determinado. Ya sea en la marcha hácia adelante ó hácia atrás, desde el momento en que el eje motor reciba la accion del esfuerzo que le comunica el émbolo, girará y con él las ruedas; y si la adherencia es suficiente á impedir su resbalamiento sobre los carriles, la máquina empezará su movimiento de traslacion; pero si la adherencia fuese menor que el esfuerzo poseido por las ruedas en su circunferencia, se originará un resbalamiento que persistirá miéntras dicho esfuerzo sea mayor que la adherencia. En este caso se dice que la locomotora patina; y

se comprende por lo dicho que el único medio de hacerla salir de tal estado consistirá en aumentar la adherencia, vertiendo arena, por ejemplo, en los carriles, ó disminuir la presion del vapor en los cilindros, es decir, el esfuerzo que en sus llantas posean las ruedas.

El patinaje de las locomotoras tiene graves inconvenientes, á más de impedir la traccion de un tren, y uno de los principales es que adquiriendo las ruedas un movimiento de rotacion acelerado, aumenta su velocidad de tal manera, que por muy rápidamente que el maquinista suspenda admision del vapor, pueden romperse las piezas del mecanismo.

257. Medida de la adherencia.—Necesario es de todo punto conocer, aunque sea aproximadamente, el valor de la adherencia, para poder deducir si una locomotora será capaz de remolcar un tren determinado. Las causas principales que se oponen al resbalamiento, producen un efecto, es decir, *adherencia*, proporcional al peso que carga sobre las superficies que se tocan. A esta fraccion de relacion se le dá el nombre de *coeficiente* ó *índice* de adherencia.

El coeficiente de adherencia alcanza valores muy distintos; y esta variedad se debe evidentemente al estado en que se hallen las superficies de rodadura de los carriles. La práctica prueba diariamente la influencia ejercida por la humedad, escarcha, lluvia, rocío, nieve, polvo de carbon, hojas secas, etc., etc. En cuanto á la lluvia, la experiencia demuestra que, si es fuerte y moja completamente los carriles, no altera el valor que el coeficiente de adherencia tiene para tiempo seco. No así cuando están ligeramente humedecidos; el coeficiente, en este caso, se disminuye notablemente.

Se explica esta anomalía diciendo que el agua en pequeña cantidad diluye el polvo y sustancias depositadas sobre los carriles, que hacen el efecto de materias lubrificantes, miéntras que en gran cantidad las arroja.

De las numerosas experiencias verificadas para obtener el valor del coeficiente de adherencia, se deduce:

1.° El máximo valor, en marcha, es de $\frac{1}{5}$. Corresponde á carriles completamente secos, y puede servir para fijar la carga máxima del tren en buen tiempo.

2.° El valor aceptable en invierno ó en casos de lluvia menuda, rocío, y en todos tiempos, en los túneles de gran longitud, es de $\frac{1}{9}$.

3.° Este coeficiente disminuye todavía más por causas accidentales: tal sucede cuando se depositan sobre los carriles hojas secas, y en los caminos hulleros polvo de carbon, sustancias ambas que hacen el papel de materias lubrificantes.

4.° Puede emplearse como valor medio $\frac{1}{7}$.

5.° El coeficiente disminuye cuando el tiempo pasa de seco á húmedo, ó á lluvia ligera, y aumenta cuando la lluvia es fuerte, recobrando el valor primitivo.

6.° Parece ser que el índice de adherencia disminuye cuando crece la velocidad. Este resultado no está suficientemente comprobado.

7.° Se han hecho experiencias para determinar la influencia que ejerce en el valor del coeficiente la extension de las superficies en contacto. De ellas se deduce que existe influencia, pero no se ha determinado de un modo terminante, hasta ahora, el sentido en que se ejerce y la ley que la rige.

8.° La sustitucion del hierro de llantas y carriles por el acero fundido y el Bessemer, que en un principio hizo temer se debilitase el coeficiente por el más fácil pulimento de las superficies de rozamiento, no ha introducido variacion alguna.

9.° Para varios cuerpos se ha consignado existe un rozamiento especial, llamado de partida, por tener lugar al iniciarse su movimiento relativo, y se ha tratado de averiguar si este rozamiento es apreciable en el material de que se com-

ponen las ruedas y carriles. Las experiencias practicadas con este objeto demuestran no existe, ó es inapreciable, tal rozamiento, en el caso á que nos referimos, pues de ellas se ha deducido que la adherencia alcanza el mismo valor en el momento de arrancar un tren, que despues de hallarse en marcha con un movimiento uniforme.

258. Cilindros.—Como ya en otro lugar ha tenido ocasion de observarse, la dificultad con que luchan los constructores es la de obtener máquinas de peso no excesivo. Por esto se emplean calderas tubulares, altas presiones, no condensacion, y gran velocidad en el émbolo, para obtener reduccion de dimensiones de los cilindros á igualdad de potencia; y hacen uso de metales más resistentes á la traccion, que facilitan la disminucion de espesores y pesos de las piezas.

Considerada la cuestion bajo este aspecto, parece preferible el empleo de un cilindro único; porque dos cilindros, y los órganos que de ellos dependen, pesan más y exigen más entretenimiento que un solo cilindro de doble volúmen que verificara el mismo trabajo.

Pero un cilindro único presenta en las aplicaciones un inconveniente grave.

Si al detenerse la máquina queda el émbolo en uno de los puntos muertos ó en posiciones próximas, es imposible ó muy difícil el volverlo á poner en movimiento, porque el brazo de palanca para mover la manivela es cero ó casi cero. Sería necesario hacer rodar con espeques, á mano, la locomotora, hasta que se formase un ángulo suficientemente abierto entre el eje de la biela y la manivela, cosa difícil, áun tratándose de la máquina sola: no decimos nada si arrastra un pesado tren.

Cuando la carrera del émbolo es muy grande y la velocidad muy débil, y tratándose de máquinas fijas, un maquinista hábil las detiene en el punto conveniente, para que sin modificar la posicion del émbolo pueda volver á marchar;

pero esto es casi imposible en una locomotora, dada la reducida dimension que pueden alcanzar los cilindros y el peso enorme del tren arrastrado, que almacenando gran velocidad, hace que la adquirida impida todo cálculo exacto, como requiere el asunto, sobre el punto preciso de parada, á pesar de la accion de los frenos.

Ahora bien: precisamente la locomotora es una máquina que, por el servicio especial que presta, necesita frecuentes maniobras de parada, marcha, é inversion de movimientos.

Estas condiciones rechazan absolutamente la idea de un solo cilindro: así es que las locomotoras todas tienen dos, con émbolos conjugados, que se cruzan en una carrera completa, para lo cual basta que las manivelas del árbol motor estén á ángulo recto, evitándose con esta disposicion los puntos muertos *incidentales* de las paradas, porque á uno de un manubrio corresponde en el otro una posicion perpendicular.

Los dos cilindros son iguales; el vapor obra en ámbos de un modo idéntico; la suma de sus esfuerzos equivale á la del cilindro único, pero la *conjugacion* salva la dificultad señalada.

Los cilindros con émbolos conjugados, además de la ventaja característica que se acaba de indicar, tienen otra de alguna importancia; contribuyen á la regularidad de rotacion del árbol ó eje motor, por más que la velocidad de rotacion regular se obtendria siempre por la inercia del tren arrastrado, que hace las veces de volante.

Expondrémos el asunto con algunos ligeros detalles.

Prescíndase de la oblicuidad de la biela, y supóngase ésta moviéndose paralelamente á sí misma, lo cual puede hacerse sin error sensible, dada la relacion ordinaria de su longitud con la de la manivela. $P\,K$, $A\,K'$, etc. (figura 8, lámina 17), serán las posiciones de la biela correspondientes á las $O\,P$, $O\,A$, etc., del manubrio.

Si se trata de la marcha retrógrada (lo mismo sucederia en todo cuanto sigue para la directa) y la manivela se encuentra en $O\,P$, punto muerto anterior, á una carrera del émbolo corresponderá la circular $P\,C\,P'$, de aquella; de modo que los brazos de palanca del trabajo serán respectivamente $O\,n$, $O\,m$, etc., ó sus iguales $A\,a$, $B\,b$, etc., que no son otra cosa que los senos de los ángulos α descritos.

En el caso de un cilindro único, los trabajos virtuales variarán, segun esto, como los senos de α; y pasarán, de cero, posicion $O\,P$, á 1, posicion $O\,C$, decreciendo despues hasta cero otra vez, posicion $O\,P'$.

Si hay dos cilindros conjugados, á la posicion $O\,P$, de una manivela, corresponderá la $O\,C$, de la otra; y cuando la carrera termina, $O\,P$ se hallará en $O\,P$, y $O\,C$ en $O\,C'$.

Llamando α' al ángulo variable que la manivela $O\,C$ forma con $P'\,P$, sus brazos de palanca correspondientes variarán como los senos de α', $B'\,b'$, $A'\,a'$, etc., es decir, como los cosenos de α, pues que estos ángulos son complementarios; y como se supone que las fuerzas que mandan las bielas son iguales en cada momento, el trabajo virtual total, suma de los dos parciales de cada cilindro, variará como la cantidad $\operatorname{sen}\alpha + \cos\alpha$. Si α es cero ó 90°, $\operatorname{sen}\alpha + \cos\alpha = 1$: el valor máximo se obtendrá igualando á cero su primera derivada, que es $\cos\alpha - \operatorname{sen}\alpha$, que dá $\operatorname{tang}\alpha = 1$, ó $\alpha = 45°$, y entónces $\operatorname{sen}\alpha + \cos\alpha = \sqrt{2}$.

Resulta, por lo tanto, que con un cilindro el trabajo que el émbolo desarrolla tiene por límites 0 y 1, y si hay dos cilindros conjugados, 1 y $\sqrt{2}$, es decir, una mayor regularidad incontestable.

259. Dimensiones del cilindro.—La forma cilíndrica no es obligatoria en el receptor; y si se acepta, es tan sólo por sus condiciones de resistencia y fácil construccion: el cilindro es siempre de seccion circular, por razones idénticas.

Sea C el camino recorrido por el émbolo en una carrera (ida ó vuelta). La longitud del cilindro se obtendrá sumando C con el espesor del émbolo y con las holguras indispensables en los extremos para prevenir los choques con las tapas en los puntos muertos.

Sea r el rádio del cilindro, en metros; a la tension, en atmósferas, que marca el manómetro; y $s\,a$ la que tiene el vapor en los cilindros. En el coeficiente de correccion s, menor que la unidad, incluimos todas las causas que contribuyen al descenso de presion del vapor, de la caldera á los cilindros: tales son los rozamientos que sufre en los tubos de admision, recodos, paso por las lumbreras, enfriamientos, etc.; y además la contrapresion del vapor de escape y la disminucion de tension para el punto de palanca á que ordinariamente trabaje la máquina. Por lo demás, las conclusiones á que hemos de llegar son independientes del valor numérico de s.

Llamemos, tambien, F á la presion, en kilógramos, ejercida por el vapor en los dos émbolos, y por la cual se mueven éstos; es, pues, lo que se llama *esfuerzo de traccion*.

El área de un émbolo, en metros cuadrados, es. . . . . πr^2

El área de los dos. . . . . $2\pi r^2$

Recordando (número **2**') que la presion en kilógramos, por atmósfera y centímetro cuadrado, es de $1^k,033$, ó sea 10.330 kilógramos por metro cuadrado, deducimos para valor de $s\,a$, expresado en kilógramos por metro cuadrado. . . . . $10.330\,s\,a$

En los dos émbolos la presion F será. . . . . $2\pi 10.330\,s\,a\,r^2$

ó representando por K el producto 2π 10.330. . . . . $F = Ksar^2$ kilográmetros.

Y el trabajo desarrollado en una carrera, será, para los dos émbolos. . . . . $Ksar^2 C$ kilográmetros.

Sea n' el número de carreras del émbolo por segundo, y T'' el trabajo de los dos en este tiempo:

$$T'' = Ksar^2 Cn' \text{ kilográmetros.}$$

A igual valor de a, tension marcada por el manómetro, el trabajo depende de r, C y n'; y será preciso conocer dos de estas incógnitas para determinar la tercera.

Fácilmente puede verse que n', velocidad del émbolo, ha de variar en razon inversa de $r^2 C$, es decir, del volúmen del cilindro; de donde se deduce que, á igualdad de trabajo, á pequeñas velocidades corresponden grandes cilindros, é inversamente. Esta es la razon de que las máquinas de mercancías tengan cilindros más voluminosos que las de viajeros.

Si consideramos ahora invariable el valor de n', la inalterabilidad del trabajo exige que r^2 y C varien en razon inversa, es decir, que á pequeño rádio corresponde gran longitud, é inversamente; siempre, por supuesto, que se deje al émbolo el suficiente rádio y área para que la presion inicial pueda vencer las resistencias pasivas al principio del movimiento (contando con las dimensiones del brazo de palanca de la biela), hasta que llegue á adquirir la velocidad n' supuesta.

Si el cilindro es de poca longitud y gran área trasversal, los espacios nocivos aumentan desfavorablemente.

Las proporciones generales se acomodan á la especie de máquina y á su buena colocacion en el bastidor. Habitualmente C varía de una á dos veces el diámetro.

260. Límite del esfuerzo de traccion.—Representemos por F', el esfuerzo de traccion en la circunferencia de las ruedas motrices; es decir, la reaccion tangencial sobre éstas,

de los carriles, y por R su rádio. El trabajo contado en la circunferencia de ellas, en una vuelta, tendrá por expresion $2 F' \pi R$: y el de los émbolos, en el mismo tiempo, $2 C F$; pues que al recorrido $2 \pi R$ de la rueda corresponde la doble carrera $2 C$.

Sensiblemente podremos establecer

$$2 F \pi R = 2 C F.$$

Decimos sensiblemente, porque la igualdad no es cierta, en absoluto; pues una parte del esfuerzo de traccion F de los émbolos, es absorbido por las resistencias pasivas engendradas en los rozamientos de los órganos de trasmision, émbolos y sus barras, cojinetes de bielas, etc., y por otras causas que ya se enunciarán en otro lugar (Segunda parte). Pero para nuestro objeto no importa el error cometido en el establecimiento de la igualdad anterior: por el contrario, resultarán de más fuerza las conclusiones que hagamos.

Se deduce

$$F' = F \frac{C}{\pi R}$$

y sustituyendo el valor de F (número **259**),

$$F' = \frac{K s a r^2 C}{\pi R}$$

Sea P el peso de la máquina.

P' la parte de él que proporciona adherencia.

f la fraccion coeficiente de adherencia.

Deberá ser:

$$\text{Adherencia } P' f \geqq \frac{K s a r^2 C}{\pi R} = F' = \text{esfuerzo de traccion}$$

en la circunferencia de las ruedas motrices.

$f P'$ es, pues, el límite superior del valor de F'. Cuando el esfuerzo de traccion sea superior, las ruedas motrices patinarán.

261. Relaciones entre la velocidad, diámetro de las

ruedas motrices y adherencia.—A primera vista puede juzgarse si una locomotora está destinada á funcionar á grande ó pequeña velocidad, por los caractéres distintivos del vehículo, que vamos á exponer.

Sean:

T_1 el trabajo que es capaz de desarrollar la máquina, en kilográmetros (en la circunferencia de las ruedas motrices), en 1″.

v la velocidad de traslacion de la máquina, expresada en metros por 1″.

n número de vueltas del eje motor por 1″.

F' el esfuerzo de traccion en la circunferencia de las ruedas motrices.

R rádio de la rueda motriz en metros.

Tendrémos:

$$[1] \quad v = 2\pi R n.$$

$$[2] \quad F' = f P' \text{ en el límite.}$$

$$[3] \quad T_1 = F' v.$$

Supongamos que T_1 permanece invariable; F' y v deberán variar en sentido opuesto.

Primer caso. Si F' aumenta, v debe disminuir: los aumentos de F', ecuacion [2], suponen aumentos en P', pues que f es invariable, es decir, que aumenta el peso adherente: la disminucion de v, trae consigo, ecuacion [1], supuesto n invariable, la de R; es decir, el rádio de la rueda motriz.

Luego suponiendo la caldera idéntica, é idéntico el trabajo que es capaz de desarrollar, las máquinas de grande esfuerzo de traccion y pequeña velocidad, es decir, las de mercancías, deben tener mucho peso adherente y ruedas pequeñas.

Segundo caso. Si F' disminuye y v aumenta, P' disminuye y R aumenta tambien: las máquinas, pues, de gran velocidad, es decir, las de viajeros, han de tener menor peso

adherente que en el caso anterior, pero en cambio mayor rádio en las ruedas motrices.

Como término medio, las máquinas de mediana fuerza de traccion y velocidad ó *mixtas*, suponiendo la identidad de caldera, se distinguen por peso adherente y rádio de la rueda motriz intermedios.

La compensacion entre la velocidad y el esfuerzo F', se opera constantemente en una misma máquina para remolcar su carga en perfiles variables; y así, aún una máquina de gran velocidad, al subir una rampa, la disminuirá (disminuyendo n número de vueltas del eje motor por 1″) para que aumente F' (*), aprovechando el valor límite de T_1, trabajo que puede dar; y del mismo modo, una máquina de mercancías que desciende una pendiente podrá aumentar la velocidad, pues que el esfuerzo de traccion necesario es menor.

Pero este cambio de velocidad y esfuerzo, factores del trabajo máximo T_1, sólo puede verificarse entre ciertos límites. Coloquémonos en el primer caso: no basta disminuir v y aumentar F' de modo que T_1 permanezca invariable: F' tiene un límite, que es $f\,P'$, que no puede rebasar sin patinar. En el segundo caso, no se puede tampoco aumentar excesivamente la velocidad, es decir, n (ecuacion [1] número de vueltas del eje motor) sin peligro de que las manguetas enrojezcan al rozar con los cojinetes.

(*) F' puede aumentar aumentando el período de admision. El volúmen de los cilindros se calcula siempre en la práctica, para que (en el estado ordinario de los carriles, y con la presion ordinaria de la caldera) el esfuerzo de traccion sea superior á la adherencia, es decir, para que haya patinaje, cuando la admision se verifique en un 40 á 60 por 100 de la carrera: muchas veces, más cerca del primer límite que del segundo.

Pero nunca há lugar el trabajo á plena presion: el vapor se utilizará mal; consecuencia de la dependencia tan estrecha que hay, en la distribucion de correderas, entre las circunstancias de la admision y las del escape. Además, no hay regularidad en la vaporizacion. (Número 63, 2.°)

Se necesitan, pues, tipos especiales para cada caso.

262. Límite inferior de la velocidad de las máquinas independientemente de la adherencia.—Hemos visto que cuando v disminuia, F' tenia que aumentar: prescindamos de los valores de F' con relacion á la adherencia: F es igual á $\frac{K s a r^2 C}{\pi R}$, y los aumentos de F' suponen crecimientos de r y C, cantidades variables del numerador, es decir, aumento del volúmen de cilindro, ó disminuciones en R, es decir, en el rádio de la rueda.

Por consiguiente, si se asigna á v un valor muy pequeño, habrá que emplear cilindros exageradamente voluminosos, ó ruedas demasiado pequeñas, ó ambas cosas á un tiempo. Pero con ruedas pequeñas todo el mecanismo cinemático de trasmision desciende mucho; las cabezas grandes de biela tocan al balasto y áun pueden penetrar en él. En cuanto al volúmen de los cilindros, ó se les dá un diámetro exagerado con todos los defectos inherentes, ó se les asigna gran longitud, con lo que se reproducirá el inconveniente anterior, pues C es igual al duplo del codo ó muñequilla.

El límite inferior admitido de velocidad es de 15 á 20 kilómetros por hora: y si el crecimiento de fuerza de traccion obligase á disminuirlo, hay que renunciar á la trasmision directa y emplear motores fijos.

263. Patinaje frecuente de las máquinas de mercancías.—Las máquinas de mercancías están más expuestas á patinar que las de viajeros. En éstas, el peso adherente es más que suficiente, en general, para los esfuerzos de traccion desarrollables; pero en las primeras, el reducido valor asignado á v y el considerable de F' ponen á éste más próximo del límite de adherencia.

ARTÍCULO II.

ESTABILIDAD.

264. Estabilidad.—Si en la marcha de la locomotora pudiese evitarse todo movimiento distinto del de traslacion, se habria llegado al *desideratum* en esta parte de la traccion, pues los movimientos accesorios consumen una parte de la potencia, destruyen la vía y órganos de la máquina y son causa frecuente de descarrilamientos. La ausencia, en una máquina, de todo movimiento independiente del de avance, se dá á conocer con la palabra *estabilidad*, cuyo significado difiere del que en mecánica tiene.

La instabilidad de una máquina se mide, pues, por la intensidad de las perturbaciones originadas en el movimiento de traslacion de toda la masa. La naturaleza y causa de estas perturbaciones quedará apuntada, siquiera sea ligeramente, en las líneas siguientes: pero antes no está demás observar que la estabilidad nunca es absoluta, y que aunque se manifieste aparentemente algunas veces, de hecho no existe.

Los principales movimientos que originan la instabilidad, son oscilatorios alrededor de ejes diversos, que irémos mencionando:

1.° *Movimiento de lanzadera.*—Oscilaciones de la máquina alrededor de un eje vertical que pasa por el centro de gravedad ó de otro eje paralelo al anterior: combinado con el movimiento de traslacion, produce un *serpenteo* en la marcha.

2.° *Balanceo.*—La máquina se eleva y desciende alternativamente, de uno de los costados al otro, como si quisiera girar alrededor de un eje horizontal longitudinal: los

maquinistas distinguen este movimiento de los demás diciendo que la locomotora *cojea*.

3.° *Galope*.—La máquina se eleva y desciende de la parte anterior á la posterior, girando alrededor de un eje horizontal trasversal, perpendicular á los largueros del bastidor.

4.° *Retroceso*.—Es un movimiento oscilatorio longitudinal, de la parte anterior de la máquina á la posterior, é inversamente.

La parte de apoyo del vehículo sobre carriles, es decir, las ruedas y ejes, experimentan la accion de las causas productoras de los movimientos oscilatorios, y las comunican al bastidor y caldera; de modo que estos últimos oscilarian áun suponiendo rígido su enlace con la base de apoyo. Si se tiene en cuenta que la union se establece por intermedios elásticos, como son las ballestas de suspension, se concebirá que las oscilaciones de la caldera y bastidor han de ser mayores que en las ruedas y ejes; esto áun prescindiendo de la influencia que ejercen, en el sentido indicado, su mayor altura sobre carriles y la energía de algunas causas perturbadoras que obran exclusivamente sobre la parte suspendida (número **272**).

265. Causas perturbadoras.—1.ª—**Dependientes de la vía.—Forma y colocacion de los carriles.**—Supongamos un carruaje compuesto de cuatro ruedas (figura 12, lámina 14), cuyos dos ejes converjan al punto *O*, y que las ruedas *A-a*, *B-b*, de cada uno sean de rádio proporcional á las distancias *A O*, *a O*, iguales á las *B O*, *b O*: puesto en movimiento el vehículo, seguirá el centro *C* la direccion de la circunferencia *m n* descrita desde *O*. Pero si conservando á las ruedas los diámetros anteriores, se establece el paralelismo de los ejes (figura 13), el vehículo, arrastrado por una fuerza de impulsion aplicada en *C*, está bajo la influencia de dos tendencias distintas: la desigualdad de rádio en las ruedas de un mismo eje, tiende á moverlo en la direccion cir-

cular *m n*; el paralelismo de los ejes, en la rectilínea *m' n'*; la accion combinada de ámbos, le hará seguir en definitiva la circular intermedia *m'' n''*.

Fácil es con esto concebir la influencia ejercida por la forma y colocacion de los carriles en la estabilidad. Sabido es que las llantas tienen la forma cónica para la facilidad de circulacion en las curvas. Supóngase la forma plana á las cabezas de los carriles: estando en la parte anterior de la figura 15 el interior de la vía, pueden resultar aquellos, por una mala colocacion, en la disposicion que se indica; y al descansar las ruedas de un lado de la máquina sobre un mismo carril, la línea de contacto de la llanta puede variar de *a b* á *c d*, correspondiendo al primer caso menor rádio en la circunferencia de rodadura para este lado de la máquina que para el opuesto, y mayor en el segundo, desviándose del lado correspondiente á la disminucion de rádio, como se ha visto sucedia en la figura 13. Resulta, pues, que la locomotora se desplazará en este sentido, y por la velocidad adquirida y propia llegará á aproximar las pestañas al carril, aumentando el rádio de rodadura más de lo necesario para restablecer la igualdad, en ámbos lados, necesaria á la marcha regular; y entónces se desviará al opuesto, produciéndose el serpenteo de que ántes se habló. Si la causa que inició la perturbacion, es decir, el defecto de colocacion de los carriles, no se repite, el serpenteo desaparecerá despues de un cierto recorrido, pues las desviaciones laterales se disminuyen con los rozamientos que se engendran entre aquellos y las llantas; pero los movimientos perturbadores se perpetuarán si la causa que los motivó existe en otros varios puntos de la vía.

El movimiento de lanzadera se disminuye dando un bombeo á la cabeza de los carriles, pues entónces los efectos de la irregularidad de su asiento son menores, y las líneas de rodadura se separan ménos de la media normal que corres-

ponde á la generatriz que pasa por el vértice de la curva de la cabeza.

2.ª **Juego ú holgura de la vía.**—Claro está que la amplitud de las oscilaciones en el movimiento de lanzadera depende del juego de la vía: disminuido éste lo sería aquella, pero en cambio, y puesto que la tendencia al movimiento subsiste, al restringir la libertad de movimientos trasversales se crean choques fuertes de las pestañas con los carriles, que los hacen más sensibles y perjudican á la conservacion de la máquina y seguridad de su marcha.

La separacion de los ejes extremos (figura 13) aumenta el poder de la tendencia al movimiento rectilíneo, m' n', y disminuye en cambio el de serpenteo.

266. Conservacion de la vía.—Si los carriles no están en línea recta, sino ondulada, en proyeccion horizontal, nos encontramos en caso idéntico al señalado en la figura 13: cuando las ruedas delanteras lleguen al carril ó carriles deformados, cesa la igualdad de rádios para las circunferencias de rodadura, y se engendra el movimiento de lanzaderas.

Si hay algunas traviesas mal bateadas por ámbos extremos, cederán por el peso; la parte delantera de la máquina descenderá al llegar á ellas, se elevará despues de haberlas rebasado y se dará orígen al *galope*.

Cuando várias traviesas estén mal bateadas hácia un mismo lado de la vía, la máquina descenderá por él y tomará el movimiento de *balanceo*.

El movimiento de galope fatiga los muelles de suspension y facilita los descarrilamientos, puesto que elevando la parte anterior de la locomotora se disminuye el peso que carga sobre el eje delantero, y con él la accion de las pestañas que se oponen á que las ruedas directrices salgan de carriles. La amplitud de oscilaciones de un punto de la locomotora en el balanceo, es tanto mayor, cuanto más diste

del plano de los carriles; por esta razon, y por la flexibilidad de los muelles, la parte suspendida, es decir, bastidor y caldera, se moverá más que los ejes y ruedas de soporte; de modo que las bielas motrices, y demás órganos que pertenecen á un tiempo al bastidor y ejes, tendrán movimientos de amplitud muy distinta en sus extremos, originándose torsiones y rozamientos contrarios á la conservacion de estas piezas y seguridad de la marcha. La rigidez de las ballestas de suspension, haciendo más solidarios el bastidor y ejes, disminuye la diferencia de valor de las oscilaciones, tanto en este movimiento como en el de galope.

Cuanto queda dicho es aplicable al caso en que el vehículo tenga seis ruedas; si bien es mucho más difícil estudiar la influencia de las causas citadas en el movimiento.

267. Causas dependientes de la máquina.—Falta de paralelismo en los ejes.—Aun suponiendo que las ruedas sean iguales, si los ejes no son paralelos (figura 14), el centro del carruaje tiende á girar alrededor del punto de convergencia O, miéntras que por la igualdad de rádios se manifiesta una tendencia en el centro C á recorrer la línea recta, resultando, en definitiva, que recorre el camino $m''\ n''$. Estamos, pues, en el caso anterior.

268. Desigualdad en el diámetro de las ruedas.—Tambien se hizo ver la influencia de la desigualdad de diámetros en ruedas de un mismo eje, para las desviaciones laterales generadoras del movimiento de lanzadera.

En el mismo órden de causas puede comprenderse el desgaste desigual de las llantas.

269. Holguras de las cajas de grasa.—El movimiento de serpenteo aumenta notablemente cuando las manguetas de los ejes tienen holgura, en sentido de su longitud, dentro de las cajas de grasa, ó cuando éstas la tienen, perpendicularmente á las placas de seguridad, entre las guias; engendrándose choques laterales entre estas piezas, que no sólo

hacen crecer el movimiento perturbador, sino que tienden á dislocar el sistema.

270. Altura del centro de gravedad.—Algunas veces, en el curso de ésta obra, se ha indicado la conveniencia de que el centro de gravedad estuviese próximo al plano de los carriles, pues de encontrarse á grande altura, la *estabilidad* de la máquina quedaria comprometida.

Para que no resulte duda alguna en el modo de comprender la estabilidad de la máquina, recordarémos que la definicion dada en el número **164** es esencialmente distinta de la que en mecánica se conoce. En el tecnicismo de la estática, un cuerpo se halla en *equilibrio estable* siempre que la vertical del centro de gravedad pasa por el interior del perímetro base: la estabilidad en la marcha de las locomotoras consiste en la anulacion de todo movimiento accesorio de la masa, distinto del general de traslacion.

Considerada la cuestion bajo el punto de vista estático, la altura del centro de gravedad, dentro por supuesto de límites prudenciales, no ejerce influencia alguna en la estabilidad: cuando el equilibrio deja de existir, la máquina se vuelca lateralmente: esto no puede suceder en alineaciones rectas, en que sobre el centro de gravedad puede decirse que no obra más fuerza que esta última, pues los movimientos oscilatorios, áun en su mayor amplitud, son debidos á fuerzas casi nulas comparadas con la anterior. En las curvas, obra sobre el centro de gravedad, á más de esta última fuerza, la centrífuga: compuestas ambas, la resultante tiende á volcar la locomotora, siempre que venga á aplicarse á un punto exterior á la base de apoyo, y es claro que la altura del centro de gravedad influye poderosamente en el resultado, pues como la figura 17 indica, los puntos de aplicacion de esta fuerza a, a', se alejan tanto más del perímetro, cuanto menor sea aquella.

Pero si se supone que el rádio de la curva sea de 500 me-

tros; la velocidad de 60 kilómetros por hora; el peso de la máquina 22 toneladas, y la altura del centro de gravedad de $1^m,50$ (ya notable), el cálculo dá que la resultante encuentra al plano de la vía á $0^m,085$ del eje medio (figura 16); desplazamiento insignificante comparado con la anchura total, que en nada afecta al equilibrio.

Para que la resultante se saliese de la vía y produjese el vuelco de la locomotora, sería preciso una velocidad de 170 kilómetros por hora, ó conservando la anterior de 60 kilómetros, elevar á 13 metros de altura el centro de gravedad; ó bien, finalmente, que el rádio de la curva disminuyera hasta $56^m,60$ á igualdad de las demás condiciones (*).

Bajo este punto de vista, pues, la altura del centro de gravedad no ejerce influencia sensible en la estabilidad. No sucede lo mismo con respecto á los movimientos de oscilacion: estos son más pronunciados cuanto más elevado se encuentre aquél, tanto en el *galope*, como en el balanceo y serpenteo: en este sentido se ha hecho notar, en los capítulos anteriores, la influencia ejercida por la altura del centro de gravedad.

271. Perturbaciones producidas por la inercia de las piezas en movimiento.—Las piezas que constituyen el mecanismo motor, los ejes, ruedas y algunas otras, gozan de movimientos especiales, distintos del de traslacion general de todo el vehículo. Si se tiene en cuenta el peso, no despreciable, de estas piezas, se comprenderá, *á priori*, que su inercia ha de dar lugar al desarrollo de fuerzas que podrán producir perturbaciones en la marcha de la locomotora. Al exámen de las causas originarias de estas fuerzas y de la naturaleza de las perturbaciones, vamos á dedicarnos en las

(*) Esto, suponiendo que no se ha elevado el carril exterior, pues de hacerse asi, la resultante se separa todavía ménos del eje de la vía, y aún puede pasar por él.

siguientes líneas, deteniéndonos tan sólo lo suficiente para dar una explicacion, no una demostracion, de los hechos.

La rotacion desarrolla una fuerza centrífuga, proporcional, como es sabido, al cuadrado de la velocidad, en todos los puntos de la circunferencia de las ruedas y ejes: si estos son simétricos, de forma y peso, con respecto al centro, las fuerzas centrífugas que obran en todos los puntos de la circunferencia son iguales y se destruyen en aquel punto.

Pero no sucede esto siempre, puesto que las bielas de acoplamiento con sus manivelas, y las motrices, cuando los cilindros son exteriores, son causa de que no coincidan los centros de figura y gravedad. Suponiendo (figura 9, lámina 17), sea $O\,a$ la manivela, y que su peso, juntamente con el de las partes de bielas correspondientes, esté concentrado en el punto a, la fuerza centrífuga $O\,a$ será mayor que la $O\,a'$ opuesta: la diferencia $a\,b$, que representarémos por p, puede descomponerse en $a\,d = p$ sen α, vertical, y $a\,c = p \cos \alpha$, horizontal, llamando α al ángulo variable $a\,O\,A$, contado á partir de $O\,n$ en sentido de la flecha 2, que es el de rotacion correspondiente al de traslacion directa 1.

La componente $a\,d$, cuyo máximo corresponde á valores de α iguales á 90° y 270°, y el mínimo á 0° y 180°, tiende á recargar el carril miéntras la manivela recorre la semicircunferencia $n\,s\,m$, y á descargarle en $m\,r\,n$.

La fuerza $a\,d$ no ejerce accion sobre la parte suspendida de la máquina; ni en su valor máximo, con el peso ordinario de las manivelas y bielas, y velocidad límite, introduce perturbaciones ni peligros en la marcha.

La componente $a\,c$, obra en direccion de la flecha 2, durante la semirevolucion $r\,n\,s$, y en la de la 3, para la $s\,m\,r$. Su máximo valor corresponde á las posiciones de manivela $O\,n$, $O\,m$, es decir, para valores de α, iguales respectivamente á 0° y 180°: el mínimo resultará en $O\,s$ y $O\,r$, siendo α igual

á 90° ó 270°. Esta fuerza puede sustituirse por otra l igual, aplicada al extremo del eje (*), y el par k, a c, cuyo brazo de palanca es $O\,t$. El par sólo tiende á modificar la rotacion, pero no ejerce accion alguna sobre la estabilidad: no así la fuerza $l = p \cos \alpha$, que es una de las perturbadoras: pero antes de examinar el modo de accion de esta fuerza, considerarémos otras que suman su efecto á la de la anterior; y al efecto harémos las hipótesis siguientes:

1.ª Que todo el peso p' del émbolo, vástago, taco, biela motriz y demás piezas que del primero tengan dependencia inmediata de movimiento, como sucede con los émbolos de las bombas alimentadoras, ó con las varillas de la distribucion Walchaertz, esté concentrado en el punto A.

2.ª Que, hecha abstraccion del modo como ejerce su accion la fuerza motriz, sea la manivela $O\,a$ la que imprima movimiento á la biela y émbolo.

3.ª Que la manivela parte de la posicion $O\,n$.

La rueda tiene movimiento uniforme de rotacion, pues las desigualdades de trasmision del trabajo motor están compensadas con la masa de la máquina y convoy, que hacen el papel de volante regulador: el punto A lo tiene acelerado de N á S, y retardado de S á M, en la carrera retrógrada, y por el contrario, acelerado de M á S y retardado de S á N, en la directa, á cuyos períodos corresponden movimientos de la manivela $O\,a$ en los cuadrantes $n\,s$, $s\,m$, $m\,r$, $r\,n$.

En la hipótesis, siempre, de que la manivela arrastra al émbolo, resulta:

1.° Que en el cuadrante $n\,s$, la inercia del peso p' á la aceleracion crea una fuerza pasiva (puesta de manifiesto en a, por una presion del boton de manivela sobre el cojinete de la biela), que obrará segun $a\,A$; pero prescindiendo de la

(*) Suponemos las fuerzas todas operando en el plano medio de la rueda.

oblicuidad de la biela, podrémos suponerla en $a\ c$, dirigida en sentido de la flecha 2.

2.° En el cuadrante $s\ m$, el peso p' pasa del movimiento acelerado al retardado: la inercia, en virtud de la velocidad adquirida, crea, en el extremo de la manivela, una fuerza en direccion de la flecha 3.

3.° En el cuadrante $m\ r$, por iguales causas que en el primero, la inercia dá lugar á una fuerza análoga, pero dirigida en el sentido 3, porque el movimiento del émbolo cambió de direccion.

4.° Finalmente: en $r\ n$, igualmente que en $s\ m$, el paso del movimiento acelerado al retardado origina una fuerza que obra segun la flecha 2.

Resumiendo: la inercia crea fuerzas que obran en el extremo de la manivela, y están dirigidas segun la flecha 2, para la semirevolucion $r\ n\ s$, y segun la 3, para la $s\ m\ r$; es decir, en el mismo sentido que la componente horizontal de la fuerza centrífuga.

El cálculo demuestra que la intensidad de esta fuerza es proporcional al coseno del ángulo α: podrémos, pues, representarla por $q \cos \alpha$, y por una descomposicion idéntica á la de la fuerza centrífuga se podrá suponer trasladada á O. Sumándola con ésta, resulta en el extremo del eje motor una fuerza $(p+q) \cos \alpha = P \cos \alpha$, perturbadora. En el otro extremo, teniendo en cuenta que las manivelas están á ángulo recto, existirá otra semejante, de valor igual á $-P$ sen α.

Fácil es formarse idea de las perturbaciones producidas por la accion de estas fuerzas en los extremos del eje. Dividamos, al efecto (figura 11, lámina 7), en cuatro partes una carrera completa del émbolo, y tendrémos, suponiendo sea $Y\ D$ el eje motor, y g el centro de gravedad de la máquina.

Primer período. El émbolo de la izquierda, Y, parte del punto muerto posterior, y el de la derecha, D, avanza desde el medio. Las fuerzas perturbadoras obran en sentido de las

flechas *a* y *b* y producen una rotacion alrededor de *g*, ú otro eje paralelo á éste.

Segundo. *Y*, concluye su carrera de ida; *D* retrocede: *a* y *b* van en la misma direccion, y dan una resultante *c* en el mismo sentido.

Tercero. *Y*, parte del muerto anterior; *D* concluye su viaje de retroceso: *a* y *b* forman un par de rotacion, segun la flecha.

Cuarto. Por último: *Y* termina la semicarrera retrógrada; *D* avanza: la resultante de *a* y *b* es *c*, contraria al movimiento de traslacion.

Hay, pues, rotaciones en sentidos contrarios en el primero y tercer período, que producirán el movimiento de lanzadera; y oscilaciones longitudinales en el segundo y cuarto, que dan orígen al movimiento de retroceso.

No se crea, sin embargo, que los movimientos de lanzadera y retroceso son exclusivos á los períodos primero y tercero, segundo y cuarto respectivamente: para ello sería preciso que las fuerzas *a* y *b* fuesen iguales constantemente en magnitud, y esto no sucede sino en el caso de que α sea de 45°, 135°, 225° ó 315°, pues entónces sen α = cos α en valor absoluto.

En los demás instantes de cada período habrá desigualdad en las fuerzas, y esta circunstancia produce: en el primero y tercer períodos, traslaciones longitudinales en uno ú otro sentido; y en los segundo y cuarto, rotaciones.

La rotacion, combinada con el movimiento general de traslacion impreso por el vapor, dá orígen al *serpenteo*.

En cuanto á las resultantes de sentido longitudinal, podemos decir: que las dirigidas en sentido de la marcha, se suman al esfuerzo de traccion que obra sobre el enganche con el tren; las contrarias, se restan en cambio, y si son menores que el citado esfuerzo, no ejercerán otra accion sobre el enganche que la de aliviarlo de trabajo; pero si son ma-

yores, la máquina estará solicitada hácia atrás y dejará de tensarlo, miéntras que la masa del tren, en virtud de la velocidad adquirida, vendrá á empujarla, hasta que en la siguiente revolucion de la rueda motriz cambie la resultante de direccion y se añada al esfuerzo tractor para tirar de nuevo á la barra de enganche, y así sucesivamente.

272. Presion del vapor sobre los émbolos.—Supongamos horizontales los ejes de los cilindros: el vapor admitido en su interior obra igualmente en todos los puntos de la seccion recta de sus paredes, y todos los esfuerzos dirigidos segun los rádios, se equilibran.

Si el émbolo parte del punto muerto posterior, obra tambien el vapor sobre la tapa de este lado; y esta accion, dirigida horizontalmente por estarlo el eje del cilindro, se equilibra, por el intermedio del bastidor, con la componente horizontal de la presion trasmitida por la biela á la manivela, originada por la que experimenta el émbolo. Lo mismo podria decirse en el caso de que el vapor ocupe la cámara variable anterior del cilindro, prensando la tapa de este lado. En definitiva: las presiones del vapor sobre los émbolos se equilibran con las que experimentan las tapaderas de los cilindros de eje horizontal, y dan por resultado el someter el bastidor á presiones y extensiones que podrán fatigarlo, pero no ejercen accion perturbadora sensible.

No sucede lo mismo cuando los cilindros están inclinados (figura 21, lámina 14). En la carrera directa, la tapa $m\,n$ está sometida, como el émbolo, á la presion A, cuya componente horizontal a' se destruye con el bastidor, pero la vertical a añade carga al muelle próximo y el bastidor descenderá. En la carrera de retroceso, sufrirá la tapa anterior $m'\,n'$ la presion B; y la componente vertical descargará el muelle. Iguales incidentes ocurrirán en el otro cilindro, y descomponiendo la carrera completa en los cuatro períodos de la figura 11, lámina 7, resultará: que en el primero,

274. Medios para combatir la instabilidad de las máquinas.—Dejando á un lado las causas que provienen de la vía, que se combatirán con el esmero en su construccion y entretenimiento, nos limitarémos á indicar las medidas adoptadas para remediar el mal en lo concerniente á la locomotora.

El *galope*, iniciado generalmente en el eje anterior, es mayor cuando la separacion de los extremos es pequeña, y queda todo el hogar volado detrás del posterior: se ha procurado, pues, obtener mayor estabilidad aumentando la separacion de los ejes extremos, dentro siempre de los límites preceptuados en los números **283** á **284**. Con esta medida se ataca al propio tiempo el movimiento de lanzadera, porque en la oscilacion alrededor del eje vertical que pasa por el centro de gravedad, queda aumentado el brazo de palanca de los rozamientos, resbalando, de llantas sobre carriles, fuerzas pasivas que se oponen á la perturbacion.

El galope y balanceo se hacen más sensibles cuanto más elásticas sean las ballestas: esto obliga á dotar de gran rigidez los muelles, especialmente los correspondientes á los ejes extremos.

Tomando por eje motor el posterior y haciendo retrocecer los cilindros, como es preciso, para que no resulte desmesurada longitud á las bielas motrices (máquinas Crampton, número **294**), se disminuye la influencia de la presion del vapor en la oscilacion de galope, porque es ménos sensible la accion de las causas cuando obran más lejos del eje anterior: por razones idénticas parece atenuarse en algun modo tambien la intensidad del movimiento de serpenteo.

Pero en cuanto se refiere á la accion perturbadora causada por la inercia de las piezas en movimiento, el remedio generalmente admitido es la aplicacion de contrapesos en las ruedas motrices, que equilibren el peso de las manivelas, bielas, émbolo, etc. Por cuanto queda indicado sobre el mo-

do de accion de las fuerzas que engendran la perturbacion, los contrapesos habrán de situarse entre los rayos, en la extremidad del diámetro que pasa por las manivelas; y como en máquinas poderosas, en que los órganos precitados alcanzan grandes dimensiones, falta el espacio, se aplican contrapesos tambien á todas cuantas se hallen acopladas con las motoras. (Véase láminas 23 y 31.)

Conviene observar que los contrapesos, calculados de este modo para equilibrar las componentes horizontales de las fuerzas centrífugas desarrolladas en la rotacion, y de la de inercia de los émbolos, bielas, etc., resultan mayores que los que convendrian al equilibrio de las componentes verticales, cuya accion (número **271**) tiende á disminuir ó aumentar, alternativamente, la presion de las ruedas motrices sobre el carril. El exceso de contrapeso para el equilibrio vertical, ocasiona estos mismos efectos, no ya en el rádio que pasa por las manivelas, sino en el correspondiente al centro de aquél. Inútil es decir que se ha de contar con esta circunstancia para no disminuir demasiado la adherencia.

La influencia de los contrapesos crece con la distancia de su centro de gravedad al del eje, pues la fuerza centrífuga aumenta con el rádio. Así, pues, las ruedas grandes dejan más latitud que las pequeñas para el correctivo impuesto á las oscilaciones.

ARTÍCULO III.

ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DEL VEHÍCULO.

275. Incidentes de la vía.—Rampas.—Para que la máquina remolque el tren en una rasante horizontal, tiene que vencer la resistencia ó fuerza pasiva correspondiente al rozamiento de rodadura de las ruedas sobre carriles, la cual

aumenta con el número de carruajes y el peso de que van cargados.

En una rampa esta resistencia se aumenta considerablemente, y crece con su inclinacion.

Sea $A\,C\,B = \alpha$ (figura 10, lámina 17), el ángulo de inclinacion de una rampa, y $p\,n = P'$ el peso del tren: se descompondrá en $p\,o = p'$, perpendicular á la vía, que cargará sobre los carriles, y $p\,m = p''$ paralelo á ella.

La fuerza resistente se ha disminuido, porque la del rozamiento de rodadura es ahora debido á $p' < P'$; pero se ha aumentado con la componente p'', que obra en sentido de la vía, de arriba á abajo.

El esfuerzo de traccion debe ser ahora mayor, porque la disminucion de resistencia al rodamiento es menor que p''.

En efecto: $p'' = P'$ sen α.

$$\text{sen}\,\alpha = \sqrt{\frac{\text{tang}^2\,\alpha}{1 + \text{tang}^2\,\alpha}}$$

y siendo tang $\alpha = \dfrac{1}{n}$

$$\text{sen}\,\alpha = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{n}\right)^2}{1+\left(\frac{1}{n}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{1+n^2}}$$

ó sea, sensiblemente,

$$\text{sen}\,\alpha = \sqrt{\frac{1}{n^2}} = \frac{1}{n}$$

y

$$p'' = \frac{1}{n} \,.\, P'.$$

De donde se deduce que para determinar la componente p'', basta multiplicar el coeficiente $\dfrac{1}{n}$ de inclinacion, por el peso.

Por ejemplo: en una rampa de 12 milímetros, el peso de 200 toneladas daria

$$p'' = \frac{12}{1000} \cdot 200 = 2{,}4 \text{ toneladas} = 2400 \text{ kilógramos.}$$

La resistencia debida al rozamiento de rodadura era, en línea recta horizontal, $f \cdot P'$. (Representando por f el coeficiente de rozamiento.) En rampa de inclinacion α es

$$f \cdot p' = f \cdot P' \cos \alpha.$$

La diferencia en favor de la traccion, es $f P' (1 - \cos \alpha)$, mucho menor que p'' por el coeficiente f y por ser $1 - \cos \alpha$ menor que tang α, es decir, que $\frac{1}{n}$ (*).

La ventaja adquirida por la disminucion de resistencia al rodamiento es, pues, insignificante, y puede decirse que en rampa $\frac{1}{n}$, las fuerzas pasivas crecen en $\frac{1}{n} P'$.

277. Curvas.—Supongamos un carruaje en que los ejes son invariablemente paralelos y no se les permite otro movimiento que el de rotacion.

Si la vía hubiese sido trazada en direccion exactamente rectilínea en toda su extension, se concibe que las máquinas y vehículos de toda especie estuviesen montados sobre ruedas de llanta cilíndrica, y que las pestañas que impiden la desviacion lateral se encajasen justamente entre carriles sin huelgo alguno. Pero en las líneas férreas hay necesidad de admitir curvas de rádios más ó ménos grandes, conforme á la disposicion del terreno, tanto en las vías generales como en las accesorias de las estaciones; y un vehículo dispuesto

(*) Siendo α pequeño se verifica

$$\alpha > 1 - \cos \alpha$$
$$\alpha < \text{tang } \alpha$$

de donde

$$1 - \cos \alpha < \text{tang } \alpha.$$

de la manera que antecede no podria de ningun modo circular por ellas, á no ser que el bastidor estuviese dotado de una flexibilidad tal, que, sin esfuerzo notable, pudiese adquirir la misma curvatura de los carriles.

Desechada esta solucion, por imposible, hay que buscar artificios que resuelvan la dificultad; y al efecto, estudiemos las condiciones que el carruaje deberia reunir, para que, supuesto colocado fuera de la vía, describiesen sus ruedas, al caminar, arcos de igual rádio que los de los carriles.

El carril exterior *m m'* (figura 19, lámina 14), es de mayor longitud que el interior *n n'*: ámbos deben ser recorridos en el mismo tiempo por las ruedas de uno y otro lado, y como en estas condiciones los caminos recorridos son proporcionales á los diámetros de las ruedas y á las distancias al centro *O* de la curva, se deduce que las llantas de las ruedas, en cada eje, han de encontrarse en la superficie cónica cuyo centro estuviese en *O*.

Si el vehículo tuviese un solo eje, esta condicion sería suficiente; pero teniendo vários, es preciso que todos se coloquen en la situacion de uno solo, es decir, que todos converjan en el centro de la curva.

Cumpliendo estas condiciones un carruaje, podria caminar libremente en línea curva. Pero en el movimiento se crearia una fuerza centrífuga que tenderia á separarlo del centro, desviándolo de la direccion conveniente, á no ser que se *introduzca una fuerza centrípeta igual á la centrífuga desarrollada en el movimiento.*

Veamos los medios de conseguir las tres condiciones precedentes.

La primera se obtiene dando á las llantas la forma cónica; pero esta correccion, por sí sola, haria imposible la circulacion del carruaje en curvas cuyo centro estuviese del otro lado de la vía que aquél para el cual se calculó la conicidad, porque resultarian trocados los papeles, y á las ruedas que

ántes eran interiores y tenian menor rádio, les corresponde en la nueva curva rádio mayor, por ser exteriores. Además: en las alineaciones rectas, las ruedas de rádio mayor tendrian que resbalar sobre el carril, en cada vuelta, una longitud igual al exceso de su circunferencia sobre la de menor rádio.

La segunda condicion es incompatible con el paralelismo que hemos supuesto en los ejes.

Aunque el problema se presente sin solucion, la tiene, no obstante, en la práctica, bien que no exacta, sino aproximada. Los artificios empleados, son: primero, *holgura de las pestañas;* segundo, *conicidad de las llantas;* pero no conicidad hácia un solo lado de la vía, como ántes hemos supuesto, sino hácia ámbos: todas las ruedas de un costado tienen las llantas en forma cónica, cuyo vértice, para cada una aisladamente, estuviese fuera de la vía, de aquel lado; y las del otro, asimismo, tienen su vértice hácia él.

La holgura de las pestañas consiste en el intérvalo de uno á dos centímetros que se deja entre cada una (de las del par de ruedas de un mismo eje) y la cara interna de los carriles próximos, suponiendo colocada la máquina en la vía, de modo que el plano vertical longitudinal de simetría contenga el eje medio de aquella.

La holgura de las pestañas es el auxiliar de la conicidad para la circulacion por curvas. La fuerza centrífuga arroja el vehículo sobre el carril exterior; y por la holgura, que lo permite, las ruedas de este lado se aproximan á aquél, y las otras se separan del carril interior: auméntase la circunferencia de rodadura de las ruedas exteriores y se disminuye el de las interiores, cumpliéndose así la primera condicion ántes señalada.

En cambio la conicidad es el correctivo de las holguras para la marcha en alineaciones rectas; porque si las llantas fuesen cilíndricas, podria ser cualquiera la línea circular de

rodadura y el vehículo serpentearia; pero siendo uniforme la conicidad para las ruedas de un mismo eje, se evita el serpenteo, pues sería para ello preciso que fuesen distintos los rádios de rodadura en ambas; la que lo tuviera mayor, patinaria miéntras su compañera rodaba, y los rozamientos engendrados con este motivo se oponen á ello.

Claro está que la primera condicion se ha resuelto incompletamente, pues la conicidad ha de variar con el rádio de la curva, y este elemento es muy variable en el trazado de las vías.

Sin embargo: bajo este punto de vista las locomotoras se encuentran en circunstancias ménos desfavorables que los wagones, pues miéntras éstos han de recorrer toda una línea, y á veces otras distintas, las primeras están afectas al servicio de secciones especiales, y puede acomodarse la conicidad de las llantas al valor medio de las curvas que contengan.

Se comprenderá fácilmente, por cuanto queda dicho, que la conicidad tiene que aumentar con el ancho de la vía, á igual magnitud del rádio de la curva; y con la disminucion de éste, á igual separacion de carriles. El valor de la conicidad de llantas, muy comun en las vías estrechas, es de $\frac{1}{20}$. La línea del Norte lo ha llevado al $\frac{1}{15}$, por la mayor anchura de la vía española. En el Norte de América, las curvas pronunciadas que se encuentran en las atrevidas líneas construidas, hacen subir la conicidad hasta $\frac{1}{7}$.

La tercera condicion exigida para la fácil circulacion en curvas, es de todo punto necesaria en las vías férreas, pues de lo contrario, aplicándose fuertemente las pestañas de las ruedas exteriores sobre el carril de este lado, se daria lugar á enormes rozamientos, que son otras tantas fuerzas resistentes, y se corre además el peligro de descarrilamiento.

Si *A B* (figura 19, lámina 15) es el carril, *M* la llanta y *C* la pestaña, se vé que el defecto anterior aumenta con la su-

perficie *A C B*; es decir, con la altura de la pestaña y rádio de la rueda. Crece tambien con la velocidad, porque es mayor la fuerza centrífuga; y con la disminucion del rádio de la curva, porque es más brusco el cambio de direccion del vehículo.

El defecto desaparece elevando el carril exterior en las curvas, con lo cual, inclinándose los carruajes hácia el interior, dan una componente en este sentido que destruye parte de la fuerza centrífuga.

Los elementos que, segun acabamos de ver, influyen en la presion de las pestañas sobre el carril exterior, varian de una curva á otra, y algunos son independientes del rádio de ésta. Si se quiere eliminar en todos casos dicha presion, se dará al carril exterior en todas las curvas la elevacion correspondiente á la máxima velocidad y carga y al mínimum de rádio; pero entónces, cuando estos factores sean de menor influencia, la componente del peso de la máquina dirigida al centro de la curva las hará apoyar sobre los carriles interiores, trabajarán en contrasentido las conicidades de las llantas, y se creará una presion interior que sustituye á la que se pretende evitar.

Resumiendo todo lo que precede, puede decirse que la primera y tercera condiciones de la marcha circular están cumplidas en parte; pero no lo está de ningun modo la segunda, que es incompatible con el paralelismo de ejes supuesto.

En este estado, conicidad de llantas, holgura de pestañas y paralelismo de ejes, veamos de qué modo se efectúa la marcha de un carruaje por curvas.

Si hay dos ejes *A* y *P* (figura 18, lámina 14), su inscripcion en la vía se debe exclusivamente á la holgura de las pestañas: las ruedas delanteras tienden á salir al exterior y las traseras al interior, de modo que las pestañas *b* y *c* se aproximan á los carriles, y las *a'* y *d'* se separan.

La facilidad de inscripcion en curva aumenta con las holguras de las pestañas y con la disminucion de la longitud *A P* del vehículo.

Es evidente que cuanto mayor fueran las holguras de las pestañas, lo serian las *a*, *b*, *c* y *d*, y el carruaje podria transitar por curvas más pronunciadas: pero la holgura está limitada por el grueso límite inferior de las pestañas, por la restringida separacion de los carriles que se cortan en los cruzamientos, y por la pequeña anchura de las ranuras que forman los carriles y contracarriles en los pasos á nivel, cambios, etc.

La influencia de la separacion *A P* de ejes extremos se descubre en seguida. No hay más que suponer aumentada progresivamente esta distancia y puede verse cómo las holguras *a*, *b*, *c* y *d*, van disminuyendo hasta anularse; y desde el momento en que las pestañas tocan á los carriles *A P*, no puede aumentar, sin flexion de las ruedas y ejes. Rigurosamente, aún es posible el movimiento en este límite, pues en la práctica el bastidor y las placas de seguridad gozan de cierta flexibilidad, que favorece á la circulacion, pero con grave detrimento de su conservacion.

Si el carruaje tiene además un eje intermedio *M*, el límite superior de *A P* es de ménos valor, pues ántes de que las holguras de las ruedas extremas se hayan anulado, el carril interior se apoya en el medio de la pestaña de la rueda *m*. Tambien es fácil ver que en todos casos las conicidades de las ruedas trabajan á contrasentido, pues que *m* se separa del exterior.

Considerémos ahora el vehículo en marcha. El movimiento circular puede descomponerse en dos: uno de traslacion, y otro de rotacion alrededor del eje que pasa por el centro *M;* de tal modo, que si la curva fuese una circunferencia completa, el carruaje giraria otra completa tambien alrededor de su eje central.

Los giros elementales alrededor de M producen resbalamientos de las llantas sobre los carriles, porque al paralelismo de los ejes introduce una tendencia á caminar en línea recta. El rádio de la circunferencia para el resbalamiento es $Mr = \sqrt{\overline{MP}^2 + \overline{Pr}^2}$. La circulacion por curvas hace nacer, pues, una fuerza resistente (rozamiento resbalando) que aumenta con MP, es decir, con la longitud de base de apoyo, y con Pr, es decir, con la anchura de la vía. Tambien crece con la longitud de la curva, porque aumenta la longitud de arco de resbalamiento de rádio Mr y centro M.

El esfuerzo de traccion necesita, pues, aumentar, no sólo por esta causa, sino tambien porque supuesto todo el tren introducido en la curva, la traccion que cada carruaje efectúa sobre el que le sigue es oblícua. Las experiencias practicadas demuestran que el esfuerzo tractor para arrastrar un tren en curvas horizontales de 300 metros de rádio, puede llegar á ser doble del que se necesita en alineacion recta de nivel.

277. Enganches para curvas de pequeño rádio.—Propiedades del enganche ordinario.—Supongamos dos carruajes, 1 y 2 (figura 11, lámina 17), que caminan en direccion de la flecha, unidos por una barra de traccion ordinaria $a\ b$. Inscrito libremente en curva el carruaje 2, la rueda exterior del eje delantero y la interna del posterior, muerden los carriles correspondientes; y el vehículo todo tiene tendencia á salirse de la vía (número **276**). Pues bien, la traccion operada por la barra $a\,b$ corrige la oblicuidad del carruaje 2 y tiende á traerlo sobre el carril interior, haciéndole girar sobre la vertical de su centro de gravedad.

Si el carruaje 1, que va en cabeza, disminuye de velocidad al entrar en curva, y la barra $a\,b$ fuese rígida, sucederia todo lo contrario; pues el carruaje 2, que conserva la velocidad adquirida, la haria trabajar por compresion, y en virtud

de la oblicuidad α sería arrojado sobre el carril exterior. Pero este efecto perjudicial, sólo puede tener lugar cuando *a b* sea rígida, y no con los enganches ordinarios, flexibles, con los cuales la presion se trasmite por medio de los topes.

Dedúcese de aquí, que los enganches ordinarios, con tensores que abrazan los puntos medios de las traviesas próximas, son ventajosos á la marcha del tren por curvas. Estas ventajas, sin embargo, son efectivas solamente cuando la curva es de moderado rádio, ó la longitud de los carruajes no excesiva. En los casos contrarios, el ángulo α resulta demasiado agudo, la traccion se trasmite muy oblícuamente, y se verifica: primero, pérdida de fuerza tractora; segundo, la ventaja ántes enunciada, correccion sucesiva de la posicion del carruaje 2, degenera en defecto, porque los giros son muy bruscos y producen choques y rozamientos fuertes de la rueda derecha delantera sobre el carril interior.

La disminucion de oblicuidad, ó sea el aumento del ángulo α, puede conseguirse dando mayor longitud al enganche ordinario, es decir, aumentando la separacion de los carruajes; pero entónces los trenes serian de longitud desmesurada, y en el paso por curvas se perderia una considerable parte de la potencia.

La verdadera solucion consiste en ligar los vehículos por barras de traccion largas, sin variar la distancia ordinaria que los separa.

En este sentido se ha resuelto por Mrs. Polonceau, Stradal y otros ingenieros. Los enganches obran sobre el centro de figura de los carruajes anteriores, y sobre el medio de la traviesa delantera de los posteriores. Se aplican á la union de la máquina y tender: debe observarse, á pesar de las ventajosas cualidades que reunen, que el enganche ordinario, al unir más directamente los dos carruajes, es un correctivo de las oscilaciones producidas en el

movimiento, especialmente de las que tienen lugar en el plano horizontal. Con las disposiciones nuevas que se van á explicar, los vehículos se mueven, en curva, próximamente como si estuviesen libres, pues que uno de los puntos de union es el de figura; pero la mayor libertad de movimiento se realiza tambien para los perturbadores.

Esta razon de importancia, aconseja un empleo prudente de los enganches modificados, adoptándolos exclusivamente en curvas de pequeño rádio y con vehículos de gran longitud.

278. Enganche Polonceau.—(Figura 6, lámina 33.)—El grillete del tender no se engancha en el medio de la traviesa posterior de la máquina, como de ordinario, sino en el centro A del balancin MM', unido á los puntos medios de los largueros por varillas MN, $M'N'$, articuladas en sus extremos, quedando una holgura que le permite moverse en sentido de su longitud. De este modo, la traccion se opera como si la barra de enganche tuviera la longitud OB.

Los topes son un motivo de dificultad para el paso de carruajes ligados, por curvas algo pronunciadas, pues si están en contacto en alineacion recta, al entrar en curva aumenta la presion de los interiores y disminuye la de los exteriores. Para evitar este obstáculo, y fundado en que la locomotora, con el enganche descrito, recorre la curva como si marchase aislada, es decir, pivoteando alrededor próximamente de su centro de figura, Mr. Polonceau hace cilíndricas las caras verticales de contacto de los topes R y S, siendo su seccion horizontal una circunferencia de rádio RB.

Pero el objeto no se ha alcanzado, pues el tender tiende á aproximarse al carril exterior por su parte delantera, de modo que la rueda del carril interior y tope correspondiente oblícuan al exterior de la vía, miéntras que el de contacto de la máquina oblícua al interior: lo contrario tiene lugar para los del lado exterior de la curva, y puede suceder que la ma-

yor longitud de topes resulte en el lado interior, de menor intérvalo, en cuyo caso funcionarian á contrasentido.

279. Enganche Stradal.—(Figura 13, lámina 15.)—Sea O el punto medio de la traviesa posterior de la máquina y N el correspondiente al tender. La barra NK se articula en el centro K de la CD, que lo está en sus extremos á las AC, BD, giratorias en A y B. En alineacion recta, las reacciones de las barras AC y BD son iguales, y el esfuerzo de traccion se opera segun NM, que coincide con NR, eje longitudinal de la máquina y vía. En curva, OO' toma la posicion OO'', y OR la OR'; el sistema $ACDB$ adquiere la forma $AC'D'B$; el punto K se traslada á K' y la barra NK á NK'; pero la traccion no se opera segun NK', porque las reacciones de AC' y BD' ya no son iguales, sino segun la línea ideal NM' que pasa por el punto de convergencia de estas barras. La línea NM' corta á OR' en R': y la traccion se verifica como si la barra de enganche estuviera articulada en este punto.

Las figuras 18 representan el enganche Stradal, superior al Polonceau, por su sencillez. Este sistema está aplicado en España á las máquinas de mercancías de ocho ruedas de la línea del Norte (lámina 26).

280. Acoplamiento de ruedas.—Objeto é importancia.—Hemos visto (número **260**), que el esfuerzo de traccion F' debe tener un valor inferior al de la adherencia para que las ruedas marchen y no patinen: la adherencia es igual al coeficiente de rozamiento resbalando f multiplicado por el peso P'. Ahora bien: el esfuerzo de traccion ejercido por los émbolos se trasmite al eje motor por intermedio de las bielas; luego si las ruedas son libres, es decir, independientes las de cada eje de todas las demás, P' será el peso que carga sobre ellas, fraccion del total P de la locomotora, y deberá verificarse:

$$F' \leqq f P' \text{ ó } P' \geqq \frac{F'}{f};$$

P' recibe el nombre de *peso adherente*, y tiene un valor límite (número **185**), dependiente de la resistencia de los carriles á la flexion, y de las llantas y ruedas á la compresion.

Si el valor límite de P' no puede ser igual á $\frac{F'}{f}$ por el considerable de F' exigido por las condiciones de traccion, se le puede hacer mayor, utilizando en beneficio de la adherencia el peso que carga sobre otro eje: al efecto se unen con bielas de acoplamiento los pares de ruedas correspondientes, resultando de tal modo identificados sus movimientos, que cuando las motoras ruedan, lo verifican sus conjugadas; para que patinen las primeras, tienen que patinar las segundas. En una palabra: por esta disposicion se trasmite el esfuerzo de traccion, no solamente al eje motor, sino á los que están acoplados con él; P', se ha aumentado con el peso que acciona sobre estos y F' puede ser mayor, sin temor de patinaje. Las bielas de acoplamiento aumentan, pues, la potencia de traccion de una máquina, porque á igualdad de peso total hacen crecer el parcial adherente.

280'. Número de ejes motores.—Siendo $\frac{F'}{f}$ el límite inferior del valor de P', $P - \frac{F'}{f}$ será el superior del peso que ha de cargar sobre los ejes no motores. Si F' es menor que P' podrán ser libres todas las ruedas (máquinas destinadas á marchar con grandes velocidades): si es superior á P' y menor que P, un sólo eje motor es imposible; pero podrá repartirse el peso $\frac{F'}{f}$, necesario para la adherencia, entre dos ó más ejes, que resultarán motores, por medio de bielas de acoplamiento, de modo que $\frac{1}{2} \cdot \frac{F'}{f}$, ó en general $\frac{1}{n} \cdot \frac{F'}{f}$ (repre-

sentando por n el número de ejes acoplados), sea menor que la carga límite estática soportable por los carriles y llantas. Cuando $\frac{F'}{f} = P$, habrá necesidad de acoplar todas las ruedas: finalmente, si $\frac{F''}{f} > P$, la locomotora es impotente para desarrollar el esfuerzo de traccion que se le reclama, aunque utilice todo su peso en favor de la adherencia, conjugando ó haciendo motores todos los ejes.

281. Inconvenientes del acoplamiento.—No son todo ventajas en la aplicacion de las bielas de acoplamiento. Entre los defectos más culminantes se cuentan los siguientes: dan rigidez á la máquina, con perjuicio notable de su fácil circulacion por las curvas; exigen igualdad de rádio en las ruedas, lo cual podrá ser un inconveniente si las motrices son muy grandes, porque dificultarán la buena reparticion de los ejes en el bastidor, se elevará la caldera, y con ella el centro de gravedad de todo el sistema. De la igualdad de rádio resultan aún efectos desfavorables á la conservacion del material fijo y móvil: bien porque estén cargados desigualmente los ejes ó por desigual resistencia de las llantas, es lo cierto que las de una de las ruedas acopladas se desgasta frecuentemente más que las otras, por los rozamientos de rodadura; entónces las que resultan de mayor rádio resbalan un poco en cada vuelta, desgastándose á su vez, y destruyendo el carril, sobre el cual obran como limadoras. La gravedad del mal se observa claramente comparando, en idénticas condiciones de trazado, perfil, velocidad, carga y estado atmosférico, el consumo de carbon y agua de máquinas iguales, una de ruedas libres y otra de ruedas acopladas, ó en una misma máquina, suprimiendo el acoplamiento: el mayor consumo corresponde á la de ejes conjugados, como era de presumir, pues los rozamientos resbalando producidos, aumentan las resistencias pasivas.

282. Número total de ejes.—De dos causas principales depende el número de ejes que ha de tener una locomotora: primera, de su potencia, es decir, de la cantidad de trabajo que ha de desarrollar; segunda, de la seguridad en la marcha y estabilidad de la máquina á todas velocidades.

La potencia de una locomotora es proporcional, en primer término, á las dimensiones de su caldera: cuanto mayor sea ésta, mayor será su peso, y como tiene un límite la resistencia de las ruedas y carriles, será preciso regular el número de apoyos para no exceder nunca de aquél. Si en el valor del trabajo ha de predominar el valor del esfuerzo de traccion F', se acoplan todos los ejes para aprovechar todo el peso en beneficio de la adherencia. Cuando, por el contrario, sea la velocidad el elemento preferente del trabajo, despues de tomar para la adherencia el peso $\frac{F'}{f}$ de uno, dos ó más ejes conjugados, se reparte el restante $P-\frac{F'}{f}$ en el número conveniente, procurando, tanto en los ejes libres como en los acoplados, no rebasar la carga límite, segun se ha indicado ya.

El crecimiento de potencia en las locomotoras trae, pues, consigo tambien, aumento en el número de ejes.

Considerada la cuestion bajo este punto de vista, las máquinas de cuatro ruedas son de insuficiente potencia para el servicio de líneas de tráfico regular y perfil accidentado, áun á riesgo de rebasar el límite de la carga estática. Generalmente es de seis el menor número de ruedas de las locomotoras; y solamente se podrian aceptar las de cuatro, para líneas secundarias de poco tráfico y con trenes ligeros.

Examinemos la segunda causa, y veamos la influencia que ejerce en la determinacion del número de ejes.

Las primeras locomotoras tenian cuatro ruedas, número insuficiente, en cuanto á la seguridad, para el caso de frac-

tura de uno de los ejes, con especialidad el delantero, pues la del otro es de ménos funestas consecuencias, porque el enganche con el tender detiene en algun modo la caida de la máquina. Un terrible siniestro ocurrido el año de 1842 en la vía férrea de París á Versalles, y achacado á la fractura del eje anterior, hizo que la opinion pública y los reglamentos gubernamentales proscribiesen el servicio de locomotoras de cuatro ruedas, y se aumentase un tercer eje. Las compañías de ferro-carriles aceptaron sin gran inconveniente la reforma, porque necesitaban imperiosamente en sus máquinas crecimiento de potencia, del que se deriva el peso total P, que obliga á aumentar el número de puntos de apoyo. Conviene observar, sin embargo, que la modificacion no introduce mayor seguridad, en el caso de que el centro de gravedad esté situado delante del eje intermedio.

Las máquinas de cuatro ruedas, abandonadas desde aquella época, vuelven á aparecer en la actualidad en el extranjero, como consecuencia del natural desarrollo de las líneas secundarias. Su potencia es mayor que la de las análogas anteriores, merced á la mejor calidad y empleo de los materiales, que ha hecho mayor el límite de carga estática, y ha permitido aumentar la presion en la caldera. Sus partidarios demuestran que la seguridad en la marcha no está comprometida en ellas, siempre que se reparta el peso de tal modo que el centro de gravedad h (figura 12, lámina 17), se acerque más al eje trasero que al delantero, viniendo á quedar dentro de uno de los triángulos $a\,b\,c$-$a\,b\,d$, porque así, la máquina no caerá, áun suponiendo que una de las ruedas directrices deje de apoyar en el carril, por fractura suya ó del eje. En cambio ponen de manifiesto sus excelentes condiciones de economía, ligereza y facilidad de movimientos en los cambios, cruzamientos de vía, y curvas de pequeño rádio.

Aun concediendo estas ventajosas cualidades á las loco-

motoras de cuatro ruedas, no puede negarse la dificultad de su aplicacion práctica. Si el eje trasero, generalmente motor en este sistema, se sitúa detrás del fogon, disminuye el peso que sobre él carga, pues que se alejó del centro de gravedad, y al mismo tiempo el adherente. Si, por el contrario, se coloca delante del hogar, queda volada una considerable parte del peso; y la longitud de la base de apoyo es bastante menor que la de carga, con grave perjuicio de la estabilidad, porque los movimientos oscilatorios que se engendran siempre en marcha en la parte suspendida (número **264**), alcanzan aquí amplitudes alarmantes, con especialidad el *galope*; y como primera consecuencia hacen variar entre límites muy distantes el peso sobre cada eje, con peligro de excederse del límite de resistencia de los apoyos. Las irregularidades del movimiento tienen lugar tambien trasversalmente, como lo prueba la destruccion rápida de las pestañas de las ruedas, que sólo se explica por los choques violentos contra el carril. Estas acciones perturbadoras crecen con la velocidad.

Resumiendo: solamente puede aceptarse el número de cuatro ruedas para el caso de máquinas de pequeña potencia, y sobre todo, pequeña velocidad, destinadas á la traccion de trenes de poco peso en líneas auxiliares. Generalmente las máquinas tienen tres ejes: este número llega, sin embargo, á cuatro, cinco y áun seis, en máquinas pesadas de gran potencia (número **300**).

283. Reparticion de la carga sobre ejes, y de éstos en el bastidor.—La buena distribucion del peso de la locomotora sobre los ejes, es uno de los puntos más importantes de su construccion. Para efectuarla, téngase en cuenta lo que queda dicho en el número **282** y además las indicaciones siguientes:

Si las ruedas son libres, el eje motor ha de ser el más cargado, pues que produce la adherencia.

El eje delantero ha de estarlo suficientemente para que las ruedas directrices no salgan de carriles con facilidad, á lo cual tienden en el movimiento de *galope* de la máquina.

Suponiendo, pues, una locomotora de tres ejes libres, siendo motor el del medio, el órden de carga de los ejes será: motor, delantero, trasero; y el centro de gravedad vendrá á resultar entre los dos ejes primeros.

Esta regla, muy general para el caso que se considera, está dada por Clarkes: las proporciones de carga total asignadas por este ingeniero á los ejes son: $\frac{2}{3}$ para el motor; $\frac{1}{4}$ para el delantero, y $\frac{1}{12}$ solamente para el posterior (máquinas de ejes libres), en el caso de ser el peso total menor de 18 toneladas: si fuese mayor, la reparticion más conveniente es: el eje delantero $\frac{1}{4}$ de la carga, el motor 12 toneladas (máximo de la carga estática), y el de atrás el resto.

Si para complementar el peso adherente se acoplan dos ejes, deberá cargarse sobre ellos el mismo peso, con objeto de prevenir los inconvenientes de su conjugacion (número **281**). El acoplamiento puede tener lugar entre las dos ruedas delanteras ó las dos últimas: en el primer caso (lámina 21), la carga del eje posterior, único libre, puede reducirse sin dificultad hasta $\frac{1}{12}$ del peso total, dejando el resto para los acoplados, entre los cuales vendrá á resultar el centro de gravedad: en el segundo caso (lámina 2), queda libre el eje delantero, y como contiene las ruedas directrices, deberá dársele mayor peso que á su semejante anterior, $\frac{3}{12}$ del total: el centro de gravedad estará situado entre los ejes últimos.

Cuando el esfuerzo de traccion exija el acoplamiento de los tres ejes, deberá dividirse igualmente la carga entre todos ellos.

El espíritu de estas reglas es aplicable á las máquinas de más de tres ejes. Los motores llevan exceso de peso y los acoplados igual parte del total.

283'. Posicion del eje motor.—El eje anterior de las máquinas no puede ser motor, por las siguientes razones. Las bielas motrices deben tener suficiente longitud, para evitar, ó hacer ménos sensible, el defecto de su oblicuidad: si se hace motor el eje delantero, los cilindros y cajas de distribucion, con todos sus accesorios, habrán de situarse en la mitad posterior de la máquina, aliviándole de peso, en oposicion á cuanto debe suceder por la adherencia y por el papel que desempeñan las ruedas correspondientes, que dirigen el vehículo. Además: las ruedas directrices son de rádio limitado, para prevenir su salida de carriles (número **191**); la velocidad de traslacion de la locomotora no podria ser grande sin aumentar desmesuradamente la velocidad del émbolo, ó disminuir desfavorablemente su carrera ó longitud del cilindro. Por último: estando el eje delantero, como director del movimiento, más expuesto á choques con los carriles; en una palabra, sufriendo de éstos reacciones más fuertes que todos los demás, no es prudente imponerle el exceso de fatiga y esfuerzos de torsion que producen las bielas motrices, tanto más, cuanto que su fractura constituye un accidente de más gravedad que la de cualquier otro.

Cuando las máquinas son de tres ejes, el del medio es siempre motor: si las ruedas son libres, este eje, como más próximo al centro de gravedad, puede recibir más fácilmente el exceso de peso que reclama la adherencia; y en todos casos dá á los cilindros la colocacion más conveniente, junto á la caja de humo, y á las bielas la longitud necesaria.

Tomando el eje posterior para motor, hay necesidad de hacer retroceder á los cilindros hasta la mitad del bastidor para que no resulten excesivamente largas las bielas; pues en este caso tendria que reforzarse su seccion trasversal proporcionalmente al crecimiento de longitud, con objeto de mantener la rigidez debida, y se aumentaria el peso de las piezas en movimiento, que, como hemos visto (número **271**),

es un motivo de perturbacion en la marcha regular de la locomotora.

Para facilitar el paso de las curvas, el eje posterior posée comunmente un cierto juego lateral de convergencia, que no puede tener el delantero, por ser el que dirige el movimiento. Si se le hace motor se le priva de esta ventaja, pues para la seguridad y conservacion de las bielas y demás órganos que por un extremo están unidos al bastidor, y por el otro á los ejes, es de todo punto preciso que aquél no esté dotado de movimiento trasversal de convergencia, sino que, por el contrario, debe mantenerse paralelo invariablemente al delantero, y perpendicular, por lo tanto, á los largueros del bastidor. Hay que hacer observar, además, que el eje posterior no es el más cargado; deduciéndose en consecuencia de cuanto queda manifestado, que en máquinas de ruedas libres no es conveniente elegir como motor el eje posterior.

Si la máquina tiene todas sus ruedas acopladas, es de pequeña longitud y de ruedas de rádio reducido, los inconvenientes desaparecen en parte: el acoplamiento exige paralelismo invariable en todos los ejes, cualquiera que sea la posicion del motor; y las bielas no resultan con la excesiva longitud ántes supuesta. Así es que se presentan algunos ejemplos de esta disposicion.

A pesar de todo, en general, se proscribe el eje posterior para el empleo de eje motor.

En las máquinas de cuatro ejes se elige como motor el tercero.

284. Principios generales para la distribucion de ejes en el bastidor.—Lo que se ha dicho anteriormente está de acuerdo con las siguientes reglas generales, prescritas por Gaudry:

1.° El par de ruedas expuesto á más fatiga y averías no debe situarse como delantero, por medida de seguridad. Preferible es colocarlo en último lugar, pues en caso de fractu-

ra del eje ó de una de las ruedas, el enganche con el tender ó carruaje inmediato puede detener la caida y dar tiempo para hacer alto. Indudablemente el eje y par de ruedas motores están más expuestos á fatiga y accidentes que los restantes. Su colocacion natural está entre los ejes extremos.

2.° Cuanto más se alejen los ejes extremos del centro de gravedad, aumentará la longitud de su base de apoyo, en ventaja de la estabilidad, y disminuirá el peso que sobre ellos carga. Por el contrario: al aproximarlos, queda volada mayor parte de máquina en los extremos, disminuye la estabilidad y crece el peso soportado por las ruedas correspondientes.

3.° Aumentando la separacion de los ejes extremos crece, á igualdad de las demás condiciones, la carga del intermedio.

4.° A medida que el eje medio se aleja de uno de los extremos para aproximarse al otro, carga al primero y alivia de peso al segundo.

5.° Las cargas de las ruedas, segun su posicion en el vehículo, quedan ya indicadas en otro lugar (número **283**).

6.° El centro de gravedad de la máquina debe estar situado más allá del eje medio, hácia las ruedas delanteras; de lo contrario la máquina tiende á levantarse por la parte anterior al menor obstáculo.

Estos principios no son rigurosos: entre otros, el sexto no es seguido fielmente por los constructores; y hay muchas máquinas en que el centro de gravedad resulta colocado entre los ejes posteriores, aunque más próximo al medio, como es de suponer. El sistema de máquina y naturaleza del servicio modifican algunas veces la posicion de ejes que los principios expuestos imponen. No quita nada esto á su bondad, y por el contrario, si otras condiciones imperiosas no se oponen, su observacion es muy conveniente.

285. Necesidad de la acuñacion de ruedas en ejes y del paralelismo constante de éstos.—En los carruajes or-

dinarios, la misma fuerza motriz dirige el movimiento: en los barcos de vapor la potencia es dada por la máquina y la direccion por un aparato especial, el timon. Las locomotoras no se encuentran en ninguno de estos dos casos: ni están provistas de aparatos directores de movimientos, ni ménos aún tiene la potencia facultades propias capaces de dirigir la marcha, como en los motores animados que arrastran los carruajes.

Es, pues, necesario establecer guias para el movimiento; y entre otras razones, esta es una de las que han hecho adoptar los carriles y las pestañas interiores de las ruedas.

Si en estas condiciones se fijan invariablemente al bastidor los ejes, y se permite girar á su alrededor las ruedas, como en los carruajes de los caminos ordinarios, pronto se crearian holguras en el cubo, por los rozamientos: durante la marcha, el plano medio de las ruedas, á favor de estas holguras, podria tomar posiciones oblícuas al eje, con tendencia á descarrilar, y originando en todos casos choques de las pestañas contra el carril, que agravarian el mal y destruirian el material de máquina y vía. Uniríase á estas causas la traccion oblícua ejercida por la biela motriz sobre las ruedas, cuando fuesen exteriores los cilindros, y la operada por las bielas de acoplamiento.

Por las razones expuestas se comprenderá la necesidad de conseguir y mantener el paralelismo en las ruedas de un mismo eje, acuñándolas fuertemente en los extremos de éste para que giren con él.

Tampoco es conveniente dejar á los ejes libertad de giro alrededor de su punto medio, en el plano horizontal que los contiene: la menor desigualdad de rozamientos rodando de las ruedas, les haria tomar posiciones oblícuas á la vía, y aprovechando la holgura de ésta (número **276**), dejar de apoyar sobre los carriles.

Las placas de seguridad abrazan los extremos de los ejes y aseguran su paralelismo.

El paralelismo de los ejes no es, sin embargo, de todo rigor; alguno ó algunos de ellos tienen, en ciertos casos, la facultad de alterarlo, entre límites estrechos siempre, y concediéndoselo por medios que dan la seguridad de evitar todo género de accidentes (número **312**).

286. Separacion de los ejes extremos.—Las dimensiones adoptadas para separacion de ejes extremos, son muy variables: desde $1^m,53$, valor asignado en la antigua locomotora de Stephenson, se ha llegado á $4^m,86$ (máquina Crampton, figura 4, lámina 33), y aún más.

Hé aquí la separacion de ejes extremos de algunas máquinas españolas:

Línea de Valencia á Tarragona. . . .	Mixta..	$4^m,570$
	Mercancías..	$3^m,435$
Línea del Norte. . .	Mixta..	$3^m,520$
	Mercancías, de seis ruedas. . .	$3^m,520$
	Id., de ocho ruedas.	$4^m,130$
	Máquina de estacion..	$2^m,700$
Línea de Madrid á Zaragoza y Alicante.	Mixta.	$3^m,90$
	Mercancías, de seis ruedas y cilindros interiores..	$3^m,465$
Línea de Zaragoza á Alsásua.	Máquina Petiet, de cuatro cilindros.	$5^m,700$

Los límites inferior y superior de la separacion de ejes deben ser dados, respectivamente, por la condicion de base suficiente para la estabilidad del vehículo y carga límite de las ruedas, y por la circulacion fácil en las curvas, segun se ha visto en el número **276**.

Algunas veces se facilita la circulacion dando holguras á las cajas de grasa y placas de seguridad de alguno de los ejes extremos, que tomarán entónces la direccion de los rádios, convergiendo con los demás hácia el centro de la cur-

va, y aumentándose así las holguras *a*, *b*, etc. (figura 18, lámina 14).

En otro lugar (número **283'**) se ha hecho ya exclusion de los ejes motor y delantero para la concesion de holguras: queda tan sólo disponible el posterior y esto no siempre. Si está situado detrás del fogon (lámina 21) y poco cargado en consecuencia, de modo que el centro de gravedad venga á resultar entre los dos primeros ejes, no hay inconveniente alguno; pero si, por el contrario, el eje trasero se coloca delante del hogar, y entre él y el medio comprenden el centro de gravedad, estará demasiado cargado para permitirle holguras de convergencia, que conducirian á irregularidades en la marcha bajo la accion del peso, ya en curva, porque no se acomode bien en los carriles ni tome la posicion radiante, ya en alineacion recta, porque la desigualdad de rozamientos le haga adquirir una posicion oblícua á la vía, y en todos casos los incidentes son de suma gravedad.

Cuando el paralelismo de los ejes sea invariable, por el acoplamiento de todos ellos ó por la imposibilidad de conceder holguras de convergencia al eje posterior, no es conveniente excederse, en la separacion de los extremos, del límite $4^m,50$, á ménos que las circunstancias de la vía, ó consideraciones especiales de traccion, obliguen á ello.

Si el eje posterior tiene convergencia, podrá rebasarse algo el límite señalado, con tal de que la separacion de los ejes fijos, delantero y motor, no sea menor de $2^m,50$, para conservar siempre la conveniente estabilidad.

Cuando el rádio de las curvas es muy pequeño, se dán disposiciones particulares á la parte delantera de la máquina, que ya describirémos más adelante.

287. Condiciones generales para el establecimiento de los cilindros.—Las condiciones generales del establecimiento de los cilindros, son:

Union sólida con el bastidor y caja de humo, porque está

en comunicacion inmediata con las paralelas, por la barra de émbolo, y con la caldera por los tubos de admision y escape.

Buena disposicion en la caja de distribucion, para que los reconocimientos y reparaciones se hagan fácilmente, y para que el escape, siendo lo más directo posible, no aumente las contrapresiones en el émbolo.

Que el espacio nocivo tenga un volúmen moderado.

288. Posicion de los cilindros con relacion á las ruedas.—Los cilindros pueden situarse al exterior ó interior de las ruedas y bastidor.

Los partidarios de cada una de estas dos disposiciones alegan razones que expondrémos brevemente, descartando las que no sean de importancia capital para el problema de la traccion.

Si se estudia el problema bajo el punto de vista de la estabilidad, los cilindros interiores la proporcionan mayor que los exteriores, á igualdad de todas las demás circunstancias. Recordarémos, en efecto (número **271**), que para el movimiento de lanzadera, el par de fuerzas de inercia que produce la rotacion, tiene mayor brazo de palanca en el caso de cilindros exteriores. Lo mismo podemos decir con respecto al balanceo, que proviene de la presion del taco sobre la paralela superior y de la del vapor en las tapas de los cilindros, cuando están inclinados.

Otras ventajas no escasas de interés son inherentes al empleo de cilindros interiores. Es menor la anchura de la máquina; queda más latitud para la colocacion del eje anterior; se deja libre la cara externa de las ruedas para la aplicacion de las bielas de acoplamiento; y no hay tanta pérdida de calórico.

En cambio son más difíciles de inspeccionar y reparar; dan lugar á ejes acodados, para motores, de forjado dificultoso y resistencia menor que los rectos; para el fácil movi-

miento del codo hay necesidad de elevar la caldera y el centro de gravedad de toda la masa; finalmente, hallándose comprendidos entre los largueros del bastidor, no queda espacio para aumentar su diámetro, como exige á menudo la potencia de la máquina, sobre todo en vías estrechas.

Ninguno de los defectos anteriores es comun á los cilindros exteriores; de modo que resultan ser otras tantas ventajas para éstos en su comparacion con los interiores.

La más ventajosa propiedad de que gozan los cilindros interiores, en el exámen comparativo que con los exteriores se ha establecido, es, sin disputa, la de la mayor estabilidad que proporcionan.

Sin embargo: si bien es cierto que los contrapesos no corrigen completamente el defecto de las oscilaciones en marcha, tambien lo es que lo atenúan considerablemente, especialmente cuando las ruedas son de diámetro no reducido.

La dificultad de fabricacion de ejes acodados no es de tanta gravedad que motive la exclusion de los cilindros interiores, y tiende cada dia á perder en importancia con los progresos realizados en la maquinaria de los grandes talleres: pero no puede decirse lo mismo respecto del primero y último defectos señalados anteriormente; es decir, de lo embarazoso de su inspeccion y de los obstáculos para aumentar su diámetro. Es de suma entidad que el reconocimiento, reemplazo y lubrificacion de todas las piezas que constituyen el aparato motor, pueda hacerse fácilmente en marcha. En cuanto á la falta de espacio, no hay más que suponer un diámetro de $0^m,45$ á los cilindros, dimension muy comun en las máquinas de mercancías algo poderosas, y resulta para los dos una anchura de $0^m,90$; apenas queda espacio para la instalacion, en medio de ellos, de la caja de distribucion comun. Si para salvar la dificultad se colocan los distribuidores debajo de los cilindros (figura 5, lámina 7), se dificulta notablemente su acceso.

Segun que en el ánimo del ingeniero constructor pesen más unas que otras razones, dá la preferencia á una de las disposiciones citadas. Hasta aquí los ingenieros ingleses manifestaban marcada predileccion á las máquinas de cilindros interiores; pero en la actualidad son numerosas las máquinas de cilindros exteriores que de sus talleres salen. En el Continente es más comun este último tipo, con especialidad para las locomotoras poderosas, y á nuestro juicio la preferencia está bien fundada.

289. Posicion de los órganos de la distribucion con respecto á las ruedas.—La caja de distribucion y los órganos que de ella dependen no acompañan siempre á los cilindros: su colocacion, al exterior ó interior del bastidor, combinada con la de los cilindros, puede dar lugar á las siguientes disposiciones, que distinguirémos con los nombres de los ingenieros que las han erigido en sistema:

1.° *Sistema Stephenson.*—Cilindros y distribucion interiores.

2.° *Sistema Buddicom.*—Cilindros exteriores y distribucion interior.

3.° *Sistema Polonceau.*—Cilindros interiores y distribucion exterior.

4.° *Sistema Crampton..*—Cilindros y distribucion exteriores.

La misma necesidad de facilidad en el engrase y reparaciones, hay para todo el aparato de distribucion que para los cilindros. Son, pues, preferibles los sistemas tercero y cuarto, y especialmente este último; pues el tercero, como el segundo, tienen el defecto de exigir lumbreras de grande desarrollo, creándose espacios nocivos considerables.

290. Bastidor.—El sistema de bastidor interior es el más comun, segun hemos tenido ocasion de observar en el número **156**; pero cualquiera que sea su posicion, ha de gozar de una propiedad interesantísima: la rigidez. De la rigidez

del bastidor depende la duracion de todas las piezas que pertenecen por un extremo á él y por el otro á los ejes; tales como bielas motrices, barras de excéntrica, etc. Si el bastidor se flexa, accidental ó permanentemente, en cualquier sentido, estas piezas padecen; los ejes de los cilindros se desvian de su posicion, y las barras de émbolo ejercen tracciones oblícuas, desarrollándose rozamientos destructores en todas las piezas que resbalan, y consumiendo al propio tiempo una buena parte de la fuerza motriz; los ejes, mantenidos en el paralelismo invariable por las placas de seguridad, toman posiciones convergentes, con perjuicio de la regularidad de la marcha. En una palabra: la máquina se destruye rápidamente, y sus resistencias absorben considerable porcion de la potencia.

La rigidez del bastidor se obtiene por una escuadría conveniente de los largueros y por un buen enlace de éstos.

La rigidez de los largueros debe residir especialmente en la parte anterior, entre el eje motor y los cilindros, que es el lugar ocupado por las bielas motrices y aparatos de distribucion. Las placas de seguridad del eje motor conviene sean cortas y resistentes, para mantener la invariabilidad de su posicion relativa: en cambio las del eje delantero pueden ser largas y flexibles, para facilitar su desplazamiento en los cambios de direccion.

La caja de humo y los cilindros, si son interiores, efectúan un enérgico enlace de los largueros: complétanlo los puentecillos que sirven de apoyo á la caldera; pero es preciso asegurar la libertad de dilataciones en ésta, pues de lo contrario someteria al bastidor á esfuerzos de traccion y compresion que tenderian á flexarlo.

La moderada é igual elasticidad de todos los muelles de suspension es el complemento de la rigidez del bastidor para la consecucion de los objetos precitados.

291. Condiciones generales de construccion del ve-

hículo.—Las dimensiones de todas las piezas han de ser adecuadas á los esfuerzos que sobre ellas actúen, eliminando todo exceso de peso, especialmente para las piezas cuyos movimientos propios influyen en las perturbaciones de la marcha.

El organismo ha de ser sencillo, porque así se obtiene economía en los gastos de establecimiento y entretenimiento, seguridad en la explotacion y facilidad en las reparaciones.

El montaje de la máquina ha de hacerse cuidadosamente, para que cada pieza trabaje en las condiciones que su constitucion y mision en el aparato requieren. No ha de concederse holguras á las articulaciones y uniones en general, porque se crean choques, tanto más destructores, cuanto más considerables sean los esfuerzos y velocidad desarrollados.

Debe darse á las superficies que se rozan las dimensiones adecuadas al peso que soportan y velocidad máxima que han de adquirir, para evitar su destruccion; y por último, con el mismo objeto, es preciso disponer los medios de que el engrase sea fácil, completo y duradero.

ARTÍCULO IV.

MÁQUINAS DE VIAJEROS, MERCANCÍAS, MÍXTAS Y DE ESTACION.

292. Por cuanto queda dicho en los artículos anteriores, se comprenderá la imposibilidad de resolver con un tipo único de locomotora los variados problemas de la traccion, y la necesidad de crear máquinas especiales, adecuadas al servicio que han de prestar.

Ya hemos visto (número **217**), que la caldera ha de proporcionarse á la fuerza de la locomotora.

A igualdad de trabajo, las exigencias del servicio, en la

explotacion, pueden hacer que predomine el factor velocidad (máquinas de viajeros), ó el factor esfuerzo de traccion (mercancías).

El predominio de la velocidad reclama poco peso adherente, ruedas grandes y cilindros de volúmen moderado. El de esfuerzo tractor, mucho peso adherente, ruedas pequeñas y cilindros voluminosos.

Una locomotora poderosa exige muchos ejes, pero su número total se opone á la facilidad de circulacion en curvas.

Inversamente: la libre circulacion por curvas, supone una reducida separacion de ejes extremos, y si ha de poseer la máquina la estabilidad necesaria, es preciso que la longitud de su caldera no sea excesiva, es decir, que su potencia sea moderada, ó que la organizacion del vehículo sea especial y adecuada al objeto.

En una palabra: una misma locomotora no puede ser, arbitrariamente, útil para las grandes y pequeñas velocidades; para remolcar pesos considerables ó reducidos; para circular por alineaciones rectas ó por curvas de grande y pequeño rádio. La explotacion ordenada y regular de una línea, exige, pues, máquinas especiales, afectas á los diversos servicios; y tambien, dentro de cada uno, á las secciones diversas de la vía, segun los accidentes de su perfil y plano.

Conviene, sin embargo, no caer en el extremo opuesto, pues la multiplicidad de tipos crea dificultades y gastos en la adquisicion y entretenimiento de esta parte del material de traccion.

Examinarémos, con algunos detalles, en el presente artículo, las propiedades que deben reunir las máquinas de los cuatro primeros grupos de la clasificacion hecha en el número **255** (viajeros, mercancías, mixtas y de estacion), para cumplir con los programas allí expuestos.

293. PRIMERA CLASE.—**Máquinas de viajeros.**—Su propiedad característica es la velocidad.

Si llamamos R al rádio de la rueda motriz, y $\frac{n'}{2}$ al número de carreras dobles (ida y vuelta) del émbolo, por segundo, $\pi R n'$ será la expresion de la velocidad. Para hacerla grande debe aumentarse el valor de n' ó el de R; pero como el máximo de n' es limitado (número **17**), pues sabidos son los perjuicios que se siguen de que las piezas que tienen movimientos propios los verifiquen con grande velocidad, será preciso aumentar R, es decir, el rádio de las ruedas motrices.

Es, pues, uno de los caractéres distintivos de las máquinas de gran velocidad, el diámetro grande de las ruedas motrices.

A igualdad de condiciones de potencia del generador y trabajo, el aumento de velocidad exige la disminucion del peso total remolcado: teniendo en cuenta además que con la velocidad crece el valor de los coeficientes de resistencia, se comprenderá la pequeñez, relativa, del peso arrastrado en estos trenes.

Habiendo disminuido el esfuerzo de traccion necesario, debe ser menor el peso adherente, y por lo tanto, libres las ruedas.

Los cilindros han de ser de dimensiones relativamente reducidas (número **259**).

La seguridad exigida en estos trenes se obtiene bajando, en cuanto posible sea, el centro de gravedad de la máquina y dando mucha atencion al esmero en la construccion y entretenimiento. Los órganos han de ser sólidos; el bastidor rígido; el montaje de la máquina esmerado; los cilindros sólidamente unidos al bastidor; en una palabra, todas las piezas han de poder resistir, por su seccion, rigidez y estabilidad, á las sacudidas que provienen de las desigualdades de la vía ó de las oscilaciones perturbadoras producidas por la presion del vapor en los cilindros, y por la inercia de las piezas en movimiento, causas todas que crecen con la velo-

cidad. Por estas razones, las máquinas de los trenes ordinarios, de velocidad moderada, no podrian resistir por mucho tiempo el servicio de los exprés.

Se ha indicado la conveniencia de hacer descender cuanto se pueda el centro de gravedad del sistema: esta condicion está en oposicion con la que prescribe la magnitud del diámetro para las ruedas motrices, puesto que el eje resultará muy elevado sobre la vía y hará elevar la caldera, sobre todo si es acodado. De aquí se deduce, en primer término, la conveniencia de que los cilindros y distribucion sean exteriores, con lo cual se dá al mismo tiempo facilidades al maquinista para visitar y engrasar en marcha los órganos principales. Es verdad que se aumenta el brazo de palanca de las fuerzas perturbadoras debidas á la inercia, pero la accion de los contrapesos es tambien mayor, por la magnitud del rádio de la rueda.

Ya verémos de qué manera se ha resuelto la cuestion en la máquina Crampton, tipo de las de gran velocidad.

Las máquinas de viajeros, más que cualesquiera otras, deben poseer frenos poderosos para detener rápidamente la marcha.

Otra condicion no ménos importante reclama el servicio de viajeros para la máquina: la facilidad de iniciar el movimiento y tomar con rapidez la velocidad ordinaria de marcha, pues que se trata de trenes en que el elemento principal es la celeridad: si se invierte mucho tiempo para pasar del reposo á la velocidad normal, la efectiva se disminuye, por las numerosas detenciones de estos trenes en las estaciones del trayecto.

La condicion queda satisfecha cargando regularmente el eje motor: de lo contrario, hay insuficiencia de peso adherente, y los esfuerzos de traccion, productores de la aceleracion, tienen que ser poco poderosos si se quiere evitar que las ruedas patinen.

No basta, pues, hacer trabajar al vapor con ménos expansion al principio de la marcha; no es suficiente ejercer esfuerzos de traccion potentes para conseguir en poco tiempo la velocidad normal: todo es inútil si el peso adherente, que se opone al patinaje, es débil; á cada momento se rebasaria el límite de adherencia, las ruedas patinarian, y para evitarlo se veria el maquinista en la precision de admitir poco vapor en los cilindros para mantenerse siempre dentro del esfuerzo límite de traccion, perdiendo un tiempo precioso en adquirir la marcha veloz ordinaria, reclamada por la naturaleza del servicio encomendado á la locomotora.

294. Máquinas Crampton.—En esta máquina (figura 4, lámina 33), capaz de velocidades de 80, 100 y aún más kilómetros por hora, ha querido conciliar su autor el diámetro grande de las ruedas motrices (superior á 2 metros) con el descenso del centro de gravedad; y para conseguirlo traslada el eje motor detrás del cajon de fuegos. Como consecuencia inmediata tuvo necesidad de colocar los cilindros hácia el medio de los largueros del bastidor, para no verse precisado á dar dimensiones exageradas é inadmisibles á las bielas motrices. Los cilindros y distribucion han de ser forzosamente exteriores.

Con esta disposicion, el diámetro de las ruedas motoras está limitado tan sólo por la condicion de que el eje no rebase el borde inferior de la portezuela del hogar; pero puede elevarse por encima de la plataforma del maquinista, con tal de cubrirlo con una chapa de palastro para evitar cualquier accidente.

La estabilidad y marcha veloz de la locomotora están aseguradas en el tipo Crampton, pero á costa de dos defectos no despreciables. Es el primero la rigidez para paso de las curvas, nacida de la distancia grande de los ejes extremos. Las Crampton tienen bases de apoyo de $4^m,60$ á $4^m,90$, y circulan con dificultad por curvas de rádio moderado. El

segundo defecto consiste en la pequeña cantidad de peso que carga sobre el eje motor, por su distancia grande al centro de gravedad: de modo que el peso adherente, aunque suficiente cuando la locomotora camina á su velocidad normal, no lo es para romper la marcha rápidamente, por las razones expuestas en el número anterior.

295. SEGUNDA CLASE.—**Máquinas de mercancías.**—Deben tener caldera poderosa, cilindros voluminosos (número **259**) y ruedas de rádio pequeño (número **261**).

Como los trenes de mercancías tienen que detenerse por mucho tiempo en las estaciones, es preciso que la máquina esté provista de medios para dormir el fuego, pues de lo contrario se elevaria demasiado la presion. Necesitan, pues, más que otras, capuchon en la chimenea y registros de aire en el cenicero, si es cerrado.

Las locomotoras de mercancías tienen necesidad de base de apoyo reducida, porque han de circular por las curvas pronunciadas que existen siempre en las estaciones para unir las vías generales con los apartaderos, vías de descarga, etc. Como su velocidad no es grande, la estabilidad no se compromete.

Debemos hacer una division en la clase de máquinas de mercancías, distinguiendo las de dimensiones moderadas de las enormes, que describirémos en el grupo de máquinas especiales.

296. Máquinas de mercancías, de seis ruedas, de la línea del Norte.—La caldera es tubular cilíndrica; las paredes del hogar son de cobre, así como los virotillos fileteados que las separan de la caja exterior de fuego. Las armaduras que consolidan el techo del hogar son semejantes á las representadas en la figura 1, lámina 28, pertenecientes á la máquina de mercancías de ocho ruedas.

Se está ensayando la sustitucion de la tubería de laton por la de hierro.

La placa tubular de la caja de humos y su paralela posterior de la caja exterior de fuego, están reforzadas con hierros en forma de T, á semejanza de sus homólogas en las máquinas de mercancías de ocho ruedas. (Véase *T'*, láminas 24 y 25.)

En la parte posterior de la caja de fuegos están situados el tubo y grifos indicadores del nivel de agua, el de inversion y un manómetro Bourdon, graduado hasta 10 atmósferas, aunque nunca llega á este límite la presion del trabajo.

Las válvulas de seguridad se hallan establecidas en la cubeta *C* (figura 3, lámina 27), por no haber cúpula. El regulador es horizontal, situado en la caja *R*, de donde parten los tubos de admision *T*, que alimentan los cilindros exteriores *A*.

Un tubo horizontal, sistema Crampton, conduce el vapor á la caja del regulador.

Las figuras 4, 5 y 6, lámina 29, dan los detalles del regulador, con el marco y nacimiento de los tubos de admision.

La inyeccion de agua en la caldera se efectúa con aparatos Giffard, pero conservando una bomba que los pueda reemplazar en algunos casos.

Los cilindros y distribucion son exteriores: los distribuidores están situados por la parte superior de aquellos, con una pequeña inclinacion hácia atrás para que la prolongacion de los tirantes pase por el centro del eje motor, que en estas máquinas es el segundo. La disposicion de la distribucion es idéntica á la que poseen las máquinas de mercancías de ocho ruedas. Los émbolos son del sistema sueco, con dos aros de fundicion: la barra es de acero.

El tubo de escape arranca de la parte inferior de la caja de humo y tiene la forma y colocacion general, con válvulas en su extremo superior.

La chimenea es cilíndrica, con capuchon.

En medio de la caldera va el arenero *B* (figura 3, lá-

mina 27), con los tubos correspondientes que desembocan debajo de las ruedas motrices.

Los ejes son rectos: las ruedas de la máquina y tender son de hierro forjado y las llantas de acero Krupp, sin soldadura, con $\frac{1}{15}$ de conicidad. Las cuatro ruedas posteriores están acopladas y libres de las directrices.

Los largueros del bastidor son de una pieza, de hierro laminado, unidos por las traviesas extremas y puentecillos intermedios, asegurado el todo con hierros en escuadra y roblones.

La tabla adjunta completará las noticias que de estas máquinas llevamos dadas. Hacen el servicio de mercancías y están numeradas dentro de la série 300.

Locomotoras de la línea del Norte de España.

GENERADOR.	Série 100 — Máquinas mixtas.	Série 300 — Máquinas de mercancías. — 1.er TIPO.	Série 500 — Máquinas de mercancías. — 2.º TIPO.	Série 600 — Máquinas de maniobras.
Caja exterior de fuegos: Longitud. Metros	1,400	1,400	1,730	1,140
Anchura. Id.	1,250	1,250	1,390	1,000
Altura. Id.	2,133	2,133	2,225	1,850
Elevacion sobre carriles de la parte inferior. . . . . Metros	0,400	0,400	0,410	0,460
Dimensiones del hogar.. Parte superior. . . . Id.	1,170	1,170	1,400	0,900
	1,050	1,050	1,200	0,780
Dimensiones del hogar.. Parte inferior. . . . . Id.	1,228	1,228	1,553	0,980
	1,078	1,078	1,214	0,840
Altura sobre la parrilla. . . . . Id.	1,155	1,555	1,655	1,330
Separacion de los barrotes, 0m,010.				
Diámetro del cuerpo cilíndrico. . . Metros	1,280	1,280	1,440	1,120
Número de tubos.	164	164	208	116
Altura sobre los carriles del eje de la caldera. . . . . Metros	1,880	1,880	1,900	1,750
Superficie de calefaccion. Del hogar. . Metros cuadrados	7,849	7,849	10,032	5,080
Superficie de calefaccion. De los tubos Id.	98,550	98,550	155,580	55,658
Superficie de calefaccion. Total.. . . . Id.	106,399	106,399	165,612	60,738
Tanto por 100 de la superficie total de calefaccion.. . Del hogar. .	7,340	7,340	6,060	17,260
Tanto por 100 de la superficie total de calefaccion.. . De los tubos.	92,660	92,660	93,940	82,740
Volúmen ocupado en la caldera. . . Por el vapor. . Metros cúbicos	1,250	1,250	2,100	1,072
Volúmen ocupado en la caldera. . . Por el agua. . Id.	3,550	3,550	4,050	2,082
Volúmen total. . . . . Id.	4,800	4,800	6,150	3,154
Presion efectiva del vapor en la caldera. . . . . Atmósferas	8	8	8,5	9
Presion total por centímetros cuadrados. . . . . Kilógramos	8,264	8,264	8,780	9,297
Diámetro de la chimenea. . . . . Metros	0,435	0,435	0,490	0,342
Altura sobre el arranque de la caja de humo.. . . . . Metros	1,660	1,660	1,553	2,078
Diámetro de los émbolos. . . . . Id.	0,410	0,440	0,500	0,350
Carrera de los émbolos.	0,600	0,600	0,660	0,440
VEHÍCULO.				
Longitud de las máquinas sin tender entre topes. . . . . Metros	8,00	8,00	9,372	7,480
Altura de la chimenea sobre el plano superior de carriles. . . . . Metros	4,193	4,193	4,200	4,400

	Série 100 — Máquinas mixtas.	Série 300 — Máquinas de mercancías. — 1.r TIPO.	Série 500 — Máquinas de mercancías. — 2.º TIPO.	Série 600 — Máquinas de maniobras.
Diámetro de los ejes motores en el cuerpo. . . . . Metros	0,170	0,170	0,200	0,140
Idem en el cubo. . . . . Id.	0,190	0,190	0,210	0,155
Idem en las manguetas. . . . . Id.	0,80	0,80	0,200	0,145
Diámetro de los ejes no motores en el cuerpo. . . . . Metros	0,160	0,160	0,160	0,130
Idem en el cubo. . . . . Id.	0,190	0,190	0,190	0,155
Idem en las manguetas. . . . . Id.	0,180	0,180	0,180	0,145
Longitud de los ejes extremos sin manguetas. . . . . Metros	1,890	1,890	1,890	1,878
Idem intermedios. . . . . Id.	1,910	1,910	1,910	1,888
Longitud de las manguetas. . . . . Id.	0,220	0,220	0,240	0,220
Idem de los largueros del bastidor Id.	7,460	7,460	8,780	6,050
Espesor. . . . . Id.	0,026	0,026	0,030	0,024
Separacion de los largueros. . . . Id.	1,448	1,448	1,460	1,450
Número de ruedas.	6	6	8	6
Número de ejes. Libres, de soporte. . . .	1	»	»	»
Número de ejes. Acoplados.	2	3	4	3
Separacion máxima entre los ejes extremos. . . . . Metros	3,520	3,520	4,130	2,700
Diámetro de las ruedas. De los ejes libres. . . Id.	1,300	»	»	»
Diámetro de las ruedas. De los ejes acoplados Id.	1,680	1,300	1,300	1
Peso de la máquina. Vacía. . Kilógramos	26.000	26.490	39.000	20.550
Peso de la máquina. Cargada. Id.	30.600	30.490	43.500	26.800
Distribucion del peso de la máquina cargada sobre los ejes. . . 1.º. . . Id.	9.200	10.165	10.750	8.960
Distribucion del peso de la máquina cargada sobre los ejes. . . 2.º. . . Id.	10.460	10.460	10.750	8.960
Distribucion del peso de la máquina cargada sobre los ejes. . . 3.º. . . Id.	10.940	9.865	11.250	8.960
Distribucion del peso de la máquina cargada sobre los ejes. . . 4.º. . . Id.	»	»	10.750	»
Peso que utiliza para la adherencia Id.	21.400	30.490	43.500	26.880
Velocidad más conveniente de marcha. . . . . Kilómetros por hora	55	35	25	20
Potencia de traccion total. . . Kilógramos	1.425	1.990	4.175	1.490
Potencia de traccion por tonelada de peso adherente. . . . . Kilógramos	67.800	65.200	93.800	62.800
Carga que á la velocidad más conveniente pueden arrastra en línea recta horizontal, además de la máquina y tender. Toneladas	122	292	695	215
Fuerza en caballos de vapor. . . Números	220	252	378	140
Separacion de los ejes de cada tender. . . . . Metros	2,700	2,700	2,700	»
Diámetro de las ruedas. . . . . Id.	1,200	1,200	1,200	»
Peso de cada tender. . . Vacío. . . . . Kilógramos	9.500	9.500	9.500	»
Peso de cada tender. . . Cargado. . . . Id.	22.500	22.500	22.500	»

En la línea de Madrid á Zaragoza y Alicante hacen el servicio de mercancías, máquinas de seis ruedas: las más (figura 4, lámina 17), tienen al exterior los cilindros y distribucion, y son acompañadas de tenders de tres ejes; las otras (figura 5), son de cilindros y distribucion interior.

En la línea de Valencia á Tarragona las máquinas de mercancías son de tres ejes acoplados, cilindros y distribucion exterior, como manifiesta la lámina 22, que contiene además las dimensiones de los principales elementos.

297. Máquinas mixtas.—Siendo un término medio, en volocidad y fuerza de traccion, de las de viajeros y mercancías, los órganos de que se derivan los elementos de trabajo han de ser tambien un término medio de los que aquellas máquinas poséen.

Las ruedas motrices reciben un diámetro medio de $1^m,80$, inferior al de las de gran velocidad y superior al de las de mercancías. Generalmente tienen tres ejes. Exigiendo mayor peso adherente que las primeras, se hace preciso el acoplamiento de dos de ellos; y en este detalle se presentan dos variedades: el acoplamiento puede reunir los dos primeros ejes (lámina 21), ó los dos últimos, siendo siempre motor el intermedio (lámina 2).

La primera disposicion disminuye la seguridad de la marcha, pues las ruedas directrices descarrilan tanto más fácilmente cuanto mayor sea su diámetro. Sin embargo: no excediéndose del valor $1^m,80$ ántes asignado, puede admitirse el acoplamiento de los dos primeros ejes, sin temor de este accidente, y aprovecharse de una ventaja importante que este sistema posée. Un eje libre, cuando es delantero, debe recibir más carga que si fuese trasero, para asegurar su inscripcion en carriles: de modo que en el acoplamiento de los dos primeros ejes puede darse mayor valor al peso adherente que en el de los dos últimos.

La velocidad de las máquinas mixtas, comprendida entre

límites bastante separados, de 35 á 55 y áun 60 kilómetros por hora, hace que en la mayor parte de las líneas sean empleadas tambien para trenes correos de gran velocidad, reduciendo al efecto la carga de arrastre, como es consiguiente.

298. Máquinas mixtas españolas.—Las láminas 21, 2 y 3, dan la figura y dimensiones principales de las máquinas mixtas que hacen el servicio de viajeros y trenes mixtos en las líneas de Valencia á Tarragona y de Madrid á Zaragoza y Alicante. La fuerza de traccion de estas máquinas está consignada con todos los detalles en los *Libretes de cargas* que á cada maquinista se entrega para el mejor desempeño de su obligacion.

La segunda de ellas, especialmente, nos es conocida, pues que ha servido para la descripcion sumaria y detallada de la locomotora en los capítulos II, III, IV y V.

La figura 1, lámina 27, representa el tipo de máquinas mixtas, série 300, de la línea del Norte. Difiere tan sólo de los de mercancías de seis ruedas de esta línea, en el mayor diámetro de las ruedas acopladas, pertenecientes á los dos ejes posteriores. Las ruedas delanteras tienen igual diámetro que las de aquella.

La figura y la tabla del número **296**, completan los detalles principales.

299. Máquinas de estacion.—Para cumplir con el programa del número **255**, han de ser de volúmen reducido, llevando para ello consigo el carbon y agua indispensables, sin necesidad de tender especial, que sería un obstáculo al libre paso de unas á otras vías. Son, pues, locomotoras-tenders.

La reparticion proporcional de peso sobre ejes, no ha de alterarse por el consumo de agua y combustible.

Pues que han de marchar en direcciones opuestas, indistintamente, debe proveerse las dos cabeceras del bastidor, de

enganches, topes, escobas, etc.; el cenicero, si es cerrado, ha de poder abrirse á voluntad por la parte anterior ó posterior; y por último, el aparato de cambio de marcha y la distribucion, han de funcionar con la mayor regularidad en los dos sentidos de aquella.

Tambien son condiciones esenciales de su organizacion la facilidad de vigilar y entretener el mecanismo, sin que para ello sea necesario conducirlas á los fosos de picar fuego; el estar dotadas de aparatos preventivos contra incendios, pues que han de circular por la inmediacion de muelles, almacenes de mercancías, y talleres; y ser de fácil limpieza, porque ha de estar su generador en presion contínua.

La figura 2, lámina 27, y tabla del número **296**, describen suficientemente las locomotoras de estacion, empleadas en la línea del Norte.

ARTÍCULO V.

MÁQUINAS ESPECIALES.

300. Máquinas poderosas.—Circunstancias hay que reclaman el aumento de esfuerzo de traccion en las máquinas: las unas son dependientes de la vía; las otras están relacionadas con la importancia del tráfico.

Entre las primeras debe contarse la inclinacion de las rampas. Si P_1 es el peso del tren, la resistencia á la traccion, en rampa $\frac{1}{n}$, aumenta en $\frac{1}{n} P_1$ (número **275**); y como la máquina dá tambien una componente $\frac{1}{n} P$ de su peso, segun la vía, que se suma á la anterior, resulta, en definitiva, para aumento de la resistencia, la cantidad $\frac{1}{n} (P_1 + P)$.

En rampas de 30 milímetros, por ejemplo, siendo de 200

toneladas el peso total, la resistencia crece en $\frac{30}{1000}$. 200 toneladas = 600 kilógramos. En cambio el peso adherente, que limita el esfuerzo de traccion, disminuye en rampa, puesto que es dado por la componente perpendicular al plano de la vía.

Las rampas fuertes son, pues, un motivo para aumentar la potencia de traccion de las locomotoras. Por cada milímetro que por metro se añada á la inclinacion de una rampa, aumenta próximamente en un kilógramo, por tonelada de peso remolcado, el esfuerzo necesario para la traccion.

Las curvas de rádio reducido introducen tambien resistencias considerables, que obligan á elevar el poder de traccion de los motores (número **276**).

En una palabra: las inflexiones pronunciadas de la vía, en plano y perfil, han motivado, en primer lugar, tipos de máquinas poderosas. Pero no son las únicas razones de esta adopcion: hay líneas de rampas débiles y curvas no exageradas, que emplean en el servicio de la traccion locomotoras de gran potencia, y esto se debe exclusivamente á la importancia del tráfico, que obliga á la formacion de trenes pesados; pues si se procediese por trenes ordinarios, la explotacion sería embarazosa por la multiplicidad de éstos, y más costosa por el aumento de personal de traccion y movimiento.

Conviene, sin embargo, señalar los perjuicios de exagerar desmesuradamente la longitud de los trenes, por grande que sea el rádio de las curvas de la vía, pues ellas absorben una considerable parte de la fuerza remolcadora, pérdida que se manifiesta por el aumento de consumo de combustible y deterioro de la vía y material, mayor que el que proporcionalmente al aumento de longitud del tren corresponde.

Las máquinas poderosas necesitan caldera de gran po-

tencia (número **217**). Empleadas en el arrastre de mercancías, de los dos elementos del trabajo, *fuerza de traccion* y *velocidad*, ha de predominar el primero, reduciendo al efecto en lo posible el segundo dentro de los límites señalados en los números **261** y **262**, para que el peso adherente sea mayor que el esfuerzo de traccion; de todos modos estas máquinas están más expuestas al patinaje que las de mayor velocidad (número **263**).

No cabe duda de que el acoplamiento ha de ser completo; y además, que el peso de la máquina ha de aumentar para que la adherencia crezca.

Sin embargo: es preciso no aumentar inconsideradamente el peso total de la locomotora, sino hacerlo en razon de la adherencia exigida por el esfuerzo de traccion. Todo exceso de peso no utilizado para la adherencia necesaria, se llama *peso muerto*, y su eliminacion es de todo punto indispensable, especialmente para las rampas, porque aumentará el valor de la componente *p m* (figura 10, lámina 17).

Para aclarar la idea emitida en las líneas anteriores, recordarémos que el crecimiento de fuerza de traccion se obtiene por el de potencia vaporizadora de la caldera, que trae consigo el aumento de sus dimensiones y peso: si éste crece proporcionalmente al esfuerzo de traccion y adherencia correspondiente, no hay peso muerto; pero si aumenta más rápidamente, lo habrá. Hay, pues, una relacion entre el peso y la cantidad de fuerza producida.

Así, por ejemplo, si á una caldera se dá desmesurada longitud, la última parte de la tubería aumenta muy poco la fuerza de vaporizacion y potencia de traccion, pero mucho más el peso, que será en su mayor parte inútil para la adherencia, por lo excesivo.

301. Relacion entre el número de ejes y la potencia. —Por el número de ejes se puede medir, en cierto modo, la potencia de una locomotora; pues claro está que á mayor

peso corresponde mayor número de puntos de apoyo sobre carriles, para no exceder del límite de resistencia de éstos y de las ruedas.

Hasta hace no muchos años, el límite máximo de ejes era de tres: hoy dia se construyen máquinas de cuatro, cinco y aún más.

302. Máquinas de mercancías, de ocho ruedas acopladas, de la línea del Norte de España. — La tabla del número **296** manifiesta los elementos y dimensiones principales de estas máquinas, representadas en las láminas 23, 24, 25 y 26. Las láminas 28, 29 y 30, describen con más detalles algunas de las partes más interesantes.

El eje delantero tiene un movimiento trasversal en sentido de su longitud, á cuyo efecto queda una pequeña holgura entre las pestañas de las cajas de grasa y las guias correspondientes, y está provisto de un aparato de traslacion Caillet número **307** que no aparece en el plano (lámina 26), para no ocultar el eje, pero que está dibujado en proyecciones y perspectiva en las figuras 1, 2 y 3 de la lámina 30.

303. Máquinas-tenders.—El peso del tender no se aprovecha para la adherencia: las indispensables cajas de agua y combustible componen una parte no más del total: pero el del vehículo, con su bastidor, ejes, ruedas, frenos, etc., es completamente muerto. Si bien es cierto que en rasantes de nivel no introduce en la resistencia al arrastre más que un sumando de poco valor, el del rozamiento rodando, no sucede lo mismo en rampas fuertes, porque el elemento correspondiente á la componente segun la via, es de gran importancia. De aquí nació la idea de suprimirlo llevando las provisiones de agua y carbon á la máquina, y creando la *locomotive-tender*.

La componente paralela á la via habrá aumentado con esta nueva disposicion en la máquina, pero siempre resulta

economía de peso muerto, porque unida al tender pesa ménos que cuando está separada de él.

Aparece, pues, que la locomotora-tender es propia de las rampas muy inclinadas. En su aplicacion se han encontrado, sin embargo, algunos inconvenientes.

Las cajas de agua y carbon no pueden ser de gran capacidad; y el consumo, por el contrario, es mayor; tanto más cuanto que la frecuencia del patinaje desarrolla mayores rozamientos, que absorben agua y combustible. Exigen, pues, puntos de aguada más próximos.

La colocacion de los depósitos en la máquina hace difícil el acceso de las piezas del mecanismo.

Por último: el peso adherente se reduce gradualmente por el consumo, y la adherencia puede faltar en el momento en que más precisa es.

El primer defecto se evita, y el último se disminuye, empleando las máquinas de esta clase en líneas de corto trayecto, de puntos de aguada numerosos. Precisamente las líneas de esta especie son las que reclaman, en general, motores más poderosos: así sucede con los ramales trasversales que unen las líneas principales. Son, casi siempre, de pequeña longitud, y como están subordinadas á las de la red general, se acomodan más difícilmente al terreno, exigiendo rampas de grande inclinacion y curvas de pequeño rádio.

No puede, por lo tanto, proclamarse en definitiva el pró y contra de las máquinas-tenders: las circunstancias de localidad y tráfico decidirán en cada caso la conveniencia de su adopcion. Pero de aceptarse, deben cumplir las tres condiciones esenciales que siguen:

1.ª Han de poder marchar indistintamente adelante ó atrás, para evitar el establecimiento de plataformas giratorias de gran diámetro. Al efecto, se provée cada una de las extremidades de la máquina, de enganches completos, topes, escobas, portalinternas, etc. Con el mismo objeto se hará un

escrupuloso estudio de la distribucion, para que se efectúe sensiblemente del mismo modo en los dos sentidos de la marcha; y se dispondrá el cenicero para que con una sencilla maniobra pueda proporcionar aire suficiente al hogar, descubriendo ó tapando la cara trasversal correspondiente.

2.ª En vista de la mayor dificultad que, con relacion á máquinas ménos poderosas, se observa en las máquinas-tenders para poner en presion la caldera, debe estar provista de capuchon en la chimenea, y cuantos medios sean necesarios para hacer dormir el fuego, y alimentarlo con prontitud; operaciones que habrá que practicar en los puntos extremos del trayecto, cuando las paradas no sean de tanta duracion que precise apagar el hogar.

3.ª Se han de disponer las cajas de agua y combustible de tal modo que, ya estén llenas ó vacías, no alteren la reparticion de peso sobre ejes. Su buena colocacion es importantísima, pero difícil de realizar: detrás del hogar se instalan fácilmente, pero recargan el eje posterior; debajo de la caldera, conservan mejor el peso que carga sobre las ruedas principales, pero se acomodan ménos bien entre los ejes y obligan á situar al exterior todo el mecanismo motor; lateralmente, queda poco espacio para darles la anchura que su capacidad exige; además, situadas por la parte superior del bastidor, elevan demasiado el centro de gravedad, é inferiormente, embarazan los movimientos de ruedas, bielas de acoplamiento y motrices, etc. En cada caso se les dará la colocacion que, segun las circunstancias, resulte ménos defectuosa.

Como tipo de locomotora-tender poderosa describirémos las de cuatro cilindros, sistema Petiet, adquiridas hace años por la empresa de la línea de Zaragoza á Alsásua (lámina 20, figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

La caldera, secador y cuanto se refiere al aparato de generacion de vapor, ha sido descrito ya en el número **238**.

La máquina tiene doce ruedas y un sólo bastidor interior. La figura 1, representa una vista lateral; la 2, un corte longitudinal; la 3, en la parte *X* es proyeccion horizontal, la *Y* un corte horizontal por las líneas centrales de los ejes, y la *Z* una proyeccion horizontal, suponiendo quitadas las cajas de agua y camisa de la caldera; la figura 4, dá el corte trasversal por el hogar, y la 5, por la caja de humo.

Hay un doble regulador *R* (figura 5) de cuya caja parten los tubos *S S'*, que conducen el vapor á cada par de cilindros: estos reguladores tienen varillas *d* y palancas *e* (figura 1) independientes: se puede, pues, trabajar con dos ó cuatro cilindros á voluntad. La caja del regulador está envuelta con un tubo cilíndrico *R'* (figura 1) en forma de chimenea.

Los aparatos indicadores del nivel de agua se hallan en *a*, ángulo anterior del hogar. Los pares de cilindros *G*, *G'*, son independientes: cada par manda á un grupo de seis ruedas acopladas. El diámetro de los cilindros es de $0^m,440$; los tubos de escape (figura 2, línea de puntos) se unen en *M'* en uno sólo que, contorneando la caldera por el costado izquierdo, desemboca en *N*, en la chimenea *H*.

Los émbolos son del tipo sueco: pesan 56 kilógramos y son de hierro forjado, de una sola pieza.

El mecanismo de trasmision de movimiento es idéntico para los dos grupos de ruedas: la corredera ó taco (figura 6) difiere de las explicadas en los números **131** y siguientes. Hay una sola paralela *a*, *a'* de acero, de $0^m,130$ de ancho por $0^m,048$ de altura, y está envuelta por la caja *b c*, *b' c'* de fundicion que contiene los aceiteros: á ella van unidas las gualderas *e'*, que reciben por un lado el extremo *f* de la barra de émbolo, y por el otro la cabeza pequeña de biela motriz que gira alrededor del pasador *g*.

Con esta disposicion ha pretendido conseguir el autor sencillez y seguridad del engrase, siempre difícil, de la cabeza pequeña de biela motriz; para cuyo efecto la caja *b c*,

b' c', tiene un conducto lateral *m* que desemboca en el embudo *n*.

Los extremos (figura 1) de las bielas de acoplamiento, tienen una articulacion que permite el movimiento, en sentido longitudinal, de los ejes correspondientes.

La distribucion es exterior: una sola palanca de cambio de marcha maniobra las de los dos pares de cilindros, de modo que en ámbos trabaja el vapor con el mismo punto del arco. La palanca *b* es de tornillo sin fin.

Las ruedas tienen 1^m,065 de diámetro en la rodadura: entre los dos grupos va colocado un freno. El diámetro de los ejes es de 0^m,160: los extremos tienen 0^m,015 de holgura trasversal para la facilidad en el paso de las curvas (número **276**). Así puede circular la máquina en curvas de 125 metros de rádio.

El bastidor es interior; se compone de largueros de una sola pieza, cuyas dimensiones son: 9^m,506 de longitud, 0^m,760 de altura y 0^m,024 de espesor: están separados 1^m,482, y asegurados con las traviesas y las planchas *P* (figura 3).

Los areneros van situados delante de las primeras ruedas.

Las carboneras están colocadas en la parte posterior de la máquina y pueden contener 2200 kilógramos: las cajas de agua van por debajo de la caldera en la parte *r* (figura 2) lateralmente, y detrás del hogar á los piés del maquinista. Su capacidad es de 8000 litros. Dos Giffards, modificacion Delpech, del calibre de 12 milímetros, hacen la alimentacion.

El peso total, sin provisiones, es de 42 toneladas, y su fuerza de traccion es de 7500 kilógramos.

304. Defectos de las máquinas poderosas.—Doble traccion.—Se indicó anteriormente que el tipo más general hoy dia, de locomotoras, era el de seis ruedas. Las más poderosas construidas de ocho, diez y doce ruedas, no han sido bien acogidas en todas partes. Hé aquí, resumidas, las razones de esta decision:

1.ª Marchan raramente á carga completa y la potencia máxima no se utiliza.

2.ª La rigidez del bastidor es mayor y la circulacion por las curvas más dificultosa.

3.ª Resulta excesiva longitud á los trenes, especialmente cuando están formados de coches vacíos.

4.ª Los enganches se fatigan y rompen con más frecuencia.

5.ª Necesitan plataformas, cocheras, etc., especiales.

6.ª El mayor número de piezas de que constan exige recomposiciones más frecuentes; y la entrada en talleres de la máquina, supone la paralizacion de un capital dos veces mayor que para otra de potencia mitad.

Mr. Jacqmin, ingeniero francés, se expresa á este propósito, en estos términos: «Dignas son de admiracion las grandes máquinas; pero para la práctica de la explotacion debe darse la preferencia á las de dimensiones medias.»

Hasta el presente, las máquinas de ocho ruedas parecen ser el límite superior admitido en la mayoría de los casos.

¿Es motivada en absoluto la repugnancia á las máquinas poderosas? ¿Son de utilidad práctica, ó merecen ser desechadas por completo y sustituidas por la doble ó triple traccion operada con máquinas de seis ú ocho ruedas?

Dividida está la opinion de los ingenieros respecto á este punto, si bien puede decirse que predomina la última de las enunciadas. Bueno es advertir, sin embargo, que alguno de los defectos inherentes á las máquinas poderosas existen en la doble traccion. Tal es el de la frecuente fractura de enganches, á no ser que la segunda máquina vaya á la cola del tren, colocacion peligrosa en las rasantes y curvas de nivel.

En las rampas, el peso muerto es tambien mayor, por el doble tender, sobre todo si se compara con el de las locomotoras descritas en el número **303**.

Téngase en cuenta, además, que aunque á primera vista

aparece que dos máquinas remolcan doble peso que una, no sucede así en la práctica, sinó que el efecto de las primeras es menor que el duplo de una sola. Esta inferioridad se debe seguramente á la dificultad de que los dos maquinistas marchen de acuerdo.

Estas dos últimas razones pueden motivar la preferencia de las máquinas poderosas, cuando las rampas alcancen grande inclinacion.

305. Máquinas flexibles.—Hemos tenido ocasion de observar en el número **276**, que cuando los ejes son invariablemente paralelos y solidarios con el bastidor, la inscripcion del rectángulo formado por los puntos de apoyo de las ruedas sobre carriles, en una curva, es tanto más embarazosa cuanto menor sea su rádio y mayor la separacion de ejes extremos.

Las necesidades de la construccion han obligado á admitir curvas de curvatura pronunciada: la separacion de ejes extremos ha ido en progresivo aumento con la longitud de las calderas; finalmente, el paralelismo del total ó parte de las ruedas es exigido por las condiciones de la traccion, que necesita gran peso adherente, obtenido por el acoplamiento.

Todas estas circunstancias resumidas, hacen ver desde luego la necesidad, al par que la dificultad, de obtener flexibilidad en el vehículo.

Veamos de qué manera pueden vencerse los obstáculos que se oponen á la fácil inscripcion y libertad de circulacion de las locomotoras en las curvas: puede, sin embargo, anunciarse que la solucion del problema no es, ni con mucho, tan sencilla como en los wagones; pues que del vehículo dependen piezas que pertenecen al propio tiempo á la parte suspendida, y cuya conservacion y libertad de movimientos hay que vigilar y mantener, con lo cual se limita el campo de las disposiciones aceptables para aquellos. Empero, no es

ménos importante para las máquinas la cuestion de que tratamos: de poco serviria tener material de wagones dispuesto para el paso de curvas, si el motor que ha de ir en cabeza no lo está.

De las tres condiciones exigidas por un carruaje para la circulacion en curva, radiacion de ejes, conicidad de llantas y elevacion del carril exterior (número **276**), sólo quedarán cumplidas en parte las dos últimas; pero en cuanto á la primera, se consideró incompatible desde luego con la invariabilidad de posicion de los ejes. Solamente al eje posterior, y en muy determinadas circunstancias, se le concedia la facilidad de convergencia dentro de reducidos límites.

En la actualidad vamos á fijar preferentemente la atencion en satisfacer cuanto se relacione con la mencionada primera relacion, es decir, con el acomodamiento de los ejes en carriles al paso de las curvas, ó lo que es lo mismo, con la *flexibilidad* del vehículo, nombre que se dá generalmente á la facultad de deformacion de la base de apoyo, suficiente para la circulacion en curvas. Hacer *flexible* una máquina poderosa, que exige separacion grande de los ejes extremos por la longitud de su generador de vapor, y acoplamiento quizás de todas las ruedas para obtener el máximum de adherencia, es uno de los problemas difíciles impuesto á los ingenieros constructores por el establecimiento de vías férreas en países accidentados.

306. Movimiento longitudinal de los ejes.—La figura 18, lámina 14 (número **276**), demuestra lo que sucede á un vehículo de seis ruedas, inscrito en una curva, cuando los ejes son invariables de posicion; en las ruedas *b* (delantera exterior) y *c* (trasera interior), la pestaña muerde los carriles; en las *a'* y *d'* tiende á separarse; las *c*, *d'* tienen un movimiento general que las separa del carril; las *a'*, *b*, por el contrario, se unen al exterior; finalmente, las *m* y *n* funcionan de un modo opuesto al conveniente, pues que la prime-

ra se acerca al carril en vez de separarse, y la segunda se aleja; así aumenta el rádio de la circunferencia de rodadura en *m* y se disminuye para la *n*.

Para que el movimiento en estas condiciones sea posible, es preciso que exista una cierta relacion entre la longitud de base de apoyo, anchura de la vía y rádio de la curva: de no cumplirse, es preciso apelar á medios especiales. Ahora bien (figura 19): para pasar de la posicion de ejes *A*, *B*, *C*, correspondiente á una alineacion recta (supuesta la invariabilidad del eje medio, motor en la generalidad de los casos, y como tal invariable de posicion, con respecto al bastidor, número **283'**), á la *a*, *b*, *c*, de la curva *K S*, han debido sufrir los primeros un movimiento que puede descomponerse en dos: de traslacion en sentido de su longitud, y de rotacion despues alrededor de su punto medio.

En muchos casos, el primer movimiento elemental, el de traslacion, es suficiente para resolver el problema. Conservando, pues, el paralelismo de ejes, y aunque la máquina cuente más de tres, la libertad en sus movimientos de traslacion, exceptuando el motor, puede dar la flexibilidad deseada. El procedimiento que desde luego se presenta consiste en dejar holgura entre las pestañas de las cajas de grasa y las guias de las placas de seguridad.

Segun la magnitud del rádio de la curva, convendrá dar holgura trasversal á uno ó más ejes, comprendiendo siempre en este número al anterior, cuya movilidad es ventajosísima para la suavidad de movimientos á la entrada y salida de curvas. En efecto: si el eje anterior es rígido, al entrar en curva, por ejemplo, y pasar de la posicion *A* (figura 20) á la *a*, arrastra consigo el bastidor y caldera, haciéndolos cambiar bruscamente de direccion, produciendo choques de intensidad perjudicial entre las pestañas y carriles; miéntras que si es susceptible de movimiento de traslacion, el cambio se hace más insensiblemente.

La holgura trasversal concedida al eje delantero pudiera ser un motivo de inseguridad para la circulacion en alineacion recta, si espontáneamente la empleaba; para evitarlo, se han tomado disposiciones várias para que el eje no pueda desplazarse del bastidor sin vencer resistencias que sean crecientes con la amplitud de este desplazamiento, y cuya accion normal baste para no obedecer las causas accidentales que puedan obrar en alineacion recta para originarlo: expondrémos los más usados.

307. Aparato de Mr. Caillet.—La disposicion del aparato para las máquinas de bastidor interior es como sigue (figuras 1 á 3, y 10 y 11, lámina 30).

Los muelles *a*, *a'*, están sujetos por su mitad á la barra *A*, cuyas prolongaciones *b*, *b'*, de forma cilíndrica, penetran en orificios abiertos en las varillas de suspension *c*, *c'* del bastidor; los extremos de las ballestas se alojan en los *d*, *d'* de las horquillas *B*, *B'*, que tienen los mangos *e*, *e'*, que se apoyan al tope en las varillas de suspension *c*, *c'*. Los extremos *b*, *b'* de la barra *A*, atraviesan los mangos de las horquillas: las tuercas *m*, *m'*, sirven para templar los muelles. Este aparato se instala en el interior del bastidor, graduando la flecha de las ballestas, y, por lo tanto, la separacion de ellas y de los talones *n*, *n'* de los mangos *e*, *e'*, para que los primeros se apoyen simplemente, sin ejercer ninguna presion, en las varrillas *c*, *c'*, que se apoyan sobre las cajas de grasa por el intermedio de unas platinas *r*, bien pulimentadas y engrasadas, susceptibles de deslizar fácilmente sobre aquellas.

Los mangos *e*, *e'*, de las horquillas (figuras 10 y 11), tienen por la parte inferior unas pestañas ó pequeñas garras *s*, *s'*, que abrazan, interiormente, las cajas de grasa.

Para estudiar el modo de funcionar del aparato, supóngase que el eje, al entrar en curva, resbala en direccion de la flecha, acompañándole en su movimiento traslatorio las

cajas de grasa que á él están unidas por las pestañas de las manguetas. Si las ballestas del aparato no existiesen, las cajas de grasa resbalarian por debajo de las platinas *r*, que permanecerian agenas á este movimiento, y con ellas las varillas de presion y todo el bastidor; pero no sucede así: la caja de grasa de la derecha *D* camina en direccion de la flecha; arrastra en su movimiento á la horquilla *B'*, por el reborde *s'*, y ésta, por el intermedio de la ballesta *a'*, barra *A* y muelle *a*, lo comunica á la otra horquilla *B*, que á su vez empuja, con el talon *n* del mango, á la varilla de presion *c*, que se correrá en el sentido indicado, resbalando la platina *r* sobre la tapa de la caja de grasa *I*.

Esta comunicacion de movimientos trasversales, tiene lugar sin choques bruscos, pues que se trasmite por un intermedio elástico, cual es los muelles *a*, *a'*, cuya tension es posible regular con las tuercas correspondientes. Además: el eje no puede trasladarse longitudinalmente sin un esfuerzo capaz de vencer la resistencia de las ballestas, sumada con el pasivo creado por el rozamiento de las platinas con las cajas de grasa; y este esfuerzo es dado por la reaccion del carril exterior sobre las pestañas de este lado: y como la reaccion aumenta con la pequeñez del rádio de la curva, se templan las ballestas en consecuencia, contando además con el máximum de holgura trasversal permitido al eje. Generalmente se asigna á las cajas de grasa una holgura de $0^m,01$, á uno y otro lado de su posicion media, y á los muelles una flexibilidad de $0^m,01$ por tonelada, y una tension inicial de 1000 á 1200 kilógramos.

308. Aparato de Mr. Polonceau.—Mr. Polonceau hace ensanchar las varillas de presion *A* (figura 17, lámina 15), hácia su extremo inferior, é intercala entre éste y el sombrero de la caja de grasa la pieza triangular isósceles, de acero, *B*, de ángulos redondeados. Cuando el eje se traslada trasversalmente en direccion de la flecha, la arista inferior

se mueve tambien, pero teniendo que vencer la resistencia que dá el peso trasmitido á la base superior por la varilla de presion *A*, peso que solicita á la dicha pieza para traerla á su primitiva posicion cuando se entra en alineacion recta. El ángulo α no ha de poder exceder, en su máximum, de un valor determinado, que el cálculo asigna, para evitar el que la accion de la carga separe la pieza triangular y el eje de su posicion normal, en vez de atraerlos.

Con el tiempo, la parte inferior de la pieza *B*, que apoya sobre la caja de grasa por pequeña superficie y resiste un peso considerable, se desgasta ó deforma, y si es muy duro penetra y desgarra la tapa de asiento: de aquí nace la modificacion de la figura *X*: el pasador *a* une la pieza *B* á dos muñoneras del sombrero de la caja de grasa.

309. Planos inclinados.—El sombrero de la caja de grasa (figuras 8 y 9, lámina 30), presenta tres planos inclinados: el central *A* en un sentido, y los extremos *B* en el opuesto, pero todos formando iguales ángulos con el horizonte. La extremidad inferior de la varilla de presion se terminan en otros tres dispuestos para apoyarse sobre los anteriores. Fácilmente se comprenderá el juego del aparato: el movimiento trasversal del eje, en cualquiera de las dos direcciones opuestas, sólo es posible venciendo la resistencia al movimiento por los planos inclinados de la base de la varilla cargada con una parte del peso de la máquina, que tiende siempre, cuando cesa la causa que produce la traslacion del eje, es decir, la reaccion de las pestañas contra el carril exterior, á restituirlo á su posicion primitiva.

El ángulo de inclinacion de los planos sustituye, en este caso, al temple de las ballestas del aparato Caillet.

Esta disposicion suele presentarse con algunas variantes. La caja de grasa encaja sin holguras en las guias: en cambio las posée el cojinete, al cual, y á la tapa superior de aquella, se trasladan los planos inclinados.

Las ventajas de la modificacion consisten en el aumento que puede darse así á la superficie de los planos inclinados y á la mayor facilidad del engrase en las superficies de contacto, que tiene lugar por los taladros ordinarios de los cojinetes, terminados por las patas de araña en las manguetas.

En máquinas de seis ruedas es suficiente asignar un juego trasversal de $0^m,016$ al eje anterior tan sólo, para la circulacion en curvas de 300 metros, y aún ménos.

Cuando el número de ruedas aumenta, y, por lo tanto, la separacion de los ejes extremos, es preciso conceder mayor amplitud á la holgura. Así es que en algunas máquinas de ocho ruedas y base de apoyo de 4 metros, se ha dado á los ejes extremos holguras de $0^m,05$, obteniendo una facilidad de circulacion en curvas de 200 metros de rádio, más fácil que la de las locomotoras de tres ejes fijos, y base de $3^m,37$.

Tanto en esta disposicion, como en todas las que aseguran y regulan el movimiento trasversal de los ejes en el caso de acoplamiento completo, es preciso articular las bielas que lo verifican, en direccion vertical (figura 27, lámina 9).

310. Balancin Beugniot.—Los ejes, provistos de movimientos de traslacion, están unidos en sentido de la longitud de la máquina, y próximamente en el plano vertical de simetría, por una barra ó balancin, que oscila alrededor de un punto fijo tomado en una traviesa de hierro intercalada en los ejes, fija al bastidor: los extremos del balancin terminan en aros que se encajan en gargantas de los ejes. Al desplazarse trasversalmente, el eje anterior comunica por medio del balancin su movimiento al otro eje, pero en sentido contrario, pues que el punto de giro de la palanca se halla en el intérvalo de ámbos.

En máquinas de doce ruedas se aplican dos balancines independientes; el uno liga los ejes primero y tercero, y el otro los cuarto y sexto.

En todos casos, la solidaridad establecida entre los ejes

móviles, dificulta los movimientos traslatórios anormales que en vía recta pudiera promover cualquiera causa accidental.

311. Comparacion de los aparatos de traslacion descritos.—En el Caillet, para que la traslacion trasversal del eje aumente, hay que comprimir más las ballestas: verdad es que tambien la reaccion del carril sobre la pestaña de la rueda es mayor, pero no crece con la intensidad debida.

En cambio, en las piezas triangulares de Polonceau, á medida que aumenta el ángulo α, es decir, cuando la traslacion del eje es mayor, disminuye la accion del peso, que tiende á restablecerlo en su posicion primitiva, inconveniente digno de tenerse en cuenta.

Ninguno de los dos extremos tiene lugar sensiblemente en los planos inclinados: cierto es que al funcionar el aparato se elevan las varillas de presion, y con ellas los puntos medios de las ballestas de suspension, produciéndose un efecto análogo al que resultaria de apretar las tuercas de los tensores, es decir, recargándose el eje, y aumentando en consecuencia el peso que lo atrae á su posicion normal; pero la perturbacion introducida en la reparticion de carga no es grande. Si suponemos $\frac{1}{10}$ de inclinacion á los planos, al desplazamiento trasversal de $0^m,010$, corresponde una elevacion de $0^m,001$ á la abrazadera central de la ballesta; y como generalmente su elasticidad está calculada á razon de 6 á 8 milímetros de flecha por tonelada de peso, el exceso de carga suministrado al eje es de $\frac{1}{8}$ de 1000 kilógramos (tomando un término medio), es decir, 140 kilógramos por rueda, ó sea 280 por eje, cantidad insignificante, relativamente á las que el movimiento en vía recta créa para desequilibrio de la reparticion primitiva.

La accion del peso regulador aumenta, pues, con la amplitud del movimiento trasversal, pero sin adquirir proporciones exageradas. Unida esta cualidad del aparato á la de

su sencillez y fácil instalacion, resulta de ventajosa aplicacion en las máquinas, y por esto se ha extendido tanto su uso.

312. Convergencia de los ejes con adherencia parcial.—Prescindiendo de la destruccion del material por los rozamientos y resistencias pasivas que se engendran siempre en la circulacion en curvas, los aparatos que se han descrito la permiten para las de rádios de 200 metros, y áun ménos en máquinas de tres ejes acoplados, y de 250 metros en las más poderosas y de base de apoyo más extensa.

Pero cuando el valor del rádio sea menor, por exigencias de economía en el establecimiento de la vía, sólo puede salvarse entónces la dificultad por la convergencia de los ejes, ó de un grupo de ellos. La convergencia, por sí sóla, no resuelve por completo el problema (número **276**): se la hace acompañar de la traslacion longitudinal, cuando las curvas tienen mucha curvatura.

Indicarémos sucintamente las disposiciones dadas á luz para los dos casos.

313. Máquinas americanas.—En beneficio de la seguridad, no puede concederse grande amplitud á los movimientos convergentes de los ejes, cuando son independientes, so pena de que en alineacion recta, aprovechando las holguras que los permiten, tomen direcciones oblícuas á la vía, y salgan de carriles las ruedas. Por esto en el material de trasporte americano se asocian los ejes en grupos de dos ó tres que pueden converger, pero dentro de cada uno se mantiene el paralelismo invariablemente. Los ejes están privados de movimiento en sentido de su longitud: verdad es que la pequeña distancia que los separa en cada grupo, suficiente tan sólo para prevenir con la solidaridad de un par, cuando ménos, el accidente señalado en las líneas anteriores, y el alejamiento de los grupos extremos (figura 1, lámina 33), hace innecesaria aquella circunstancia.

Estas mismas ideas han servido de base para la organizacion de las locomotoras, pero introduciendo variaciones exigidas por su naturaleza especial. Por de pronto, no debe contarse con el eje motor para la convergencia: la necesidad de desposeerle de todo movimiento que no sea el de rotacion generador de la traslacion, se ha indicado ya. Además: la adherencia reclamará seguramente, en la generalidad de los casos, el acoplamiento de otro ú otros ejes que resultarán invariables de posicion como el motor.

Nace ya de aquí la existencia obligada de un grupo de ejes fijos: los restantes podrán formar otro giratorio ó convergente. En este grupo, como sucede en el material de trasporte, los ejes tienen un pequeño bastidor *A* (figura 5), independiente del principal del vehículo, uniéndose á éste con un pivote central, eje de giro en la convergencia. La tendencia natural de los ejes á tomar la posicion radial en la circulacion por curvas, hace que la línea intermedia *a b* (figura 1), del grupo móvil, pase por el centro de la curva, sin necesidad de nuevas disposiciones. Resta ahora determinar la situacion más conveniente de los ejes convergentes, con relacion al bastidor principal.

Siendo casi siempre motor uno de los ejes intermedios, el grupo giratorio ha de ser forzosamente delantero ó trasero, y nunca central: generalmente se adopta la primera de estas posiciones, y las razones de esta eleccion son las mismas que se citaron en el número **306**, á propósito del movimiento trasversal. Ya que en provecho de la flexibilidad se sacrifica la adherencia que pueden suministrar los ejes móviles, es conveniente que la parte mayor de peso cargue sobre los que están acoplados, dejando tan sólo á los del avantren el suficiente para que no salgan de carriles sus ruedas, pues que son directores; y bajo este punto de vista, para prevenir el peligro que resultar pudiera de sus oscilaciones alrededor del pivote, áun en buena vía, por la debilidad de la

carga que soportan, ésta no acciona sobre el centro de figura del avantren, como convendria á la igual reparticion de peso en todas sus ruedas, sino un poco delante, con lo cual el primer eje recibe mayor parte de él. De este modo se aumenta la estabilidad en la marcha directa, pero se disminuye en la retrógrada: cierto es que la primera es mucho más frecuente, y se efectúa, en general, con mayor velocidad que en la segunda.

La convergencia del avantren, obtenida por el pivote de giro, no puede haber sido obtenida por medios más fáciles: examinemos el grado de flexibilidad adquirido por esta combinacion.

Cuando los grupos de ejes son móviles (figura 1), los centros de giro respectivos se colocan en la línea curva *mm*, equidistante de los carriles, ó más exactamente en la *m' m'* del lado del exterior, en razon de la fuerza centrífuga desarrollada: el bastidor (rectángulo de puntos), no entorpece en nada la inscripcion. Pero no se verifica lo mismo en la locomotora: siendo *A* (figura 2) el grupo fijo, el bastidor quedará en la posicion *B B;* el pivote del avantren, que debiera estar en el punto *o*, en la curva media, se encontrará en *O*, en la prolongacion de la cuerda α 6, eje longitudinal del vehículo; y si la distancia *O o* es mayor que la holgura ordinaria de la vía, no podrá inscribirse en ella, puesto que no tiene movimiento trasversal.

La magnitud *O o*, es decir, la dificultad de inscripcion, crece con la distancia *A o:* por otra parte, cuando se aleja el punto *o* del *A*, aumenta el peso que gravita sobre el grupo de ejes fijos, ó lo que es lo mismo, el peso adherente, y disminuye el soportado por el avantren, en perjuicio de la estabilidad. Resumiendo: si se coloca el pivote lejos de *A*, aumenta la adherencia y disminuye la estabilidad y flexibilidad; si por el contrario, se aproxima á este punto, crecen las segundas á expensas de la primera.

De todos modos, áun admitiendo un término medio prudencial, resulta, relativamente á otros sistemas, poco cargado el avantren; cuya circunstancia, unida á las oscilaciones que experimenta en la marcha alrededor del pivote de giro (oscilaciones nacidas de la holgura de la vía y de la pequeña separacion de los ejes), hacen aplicables estas locomotoras tan sólo á las medianas velocidades. Sin embargo: para las holguras de vía ordinarias, la instalacion y circulacion en curvas pronunciadas es fácil; y puede decirse, en definitiva, que los caractéres distintivos del sistema son: flexibilidad, sencillez y mediano esfuerzo de traccion por la deficiencia de peso adherente; por esto se ha adoptado con gran éxito en las líneas provisionales, que así pueden llamarse, de que se ha cubierto el territorio Norte-Americano, y que por la misma rapidez de su construccion ha sido preciso adaptar á las irregularidades del terreno, aceptando curvaturas no conocidas hasta entónces en las vías férreas europeas.

Tambien en éstas ha tenido buena acogida el sistema, para el servicio de líneas sinuosas y de débiles rampas.

314. Otras máquinas de tren americano.—Se ha aplicado el avantren giratorio á máquinas de gran velocidad, á pesar de las razones que se oponen á ello: el eje motor es libre. Igualmente se ha tratado de aplicar á las máquinas Crampton, pero estos sistemas mixtos forman excepcion.

En algunas máquinas, tambien, el tren móvil está situado en la parte posterior del bastidor, detrás del fogon; esta organizacion de ejes, sólo es admisible cuando el bastidor se prolonga mucho por detrás del hogar, es decir, en las máquinas-tender.

Finalmente: cuando el elemento dominante es la flexibilidad, el eje motor se hace libre, y se colocan trenes giratorios en ámbos extremos del bastidor.

315. Máquinas de tren Bissel.—Consiste esta disposicion (figura 3), en hacer dependiente el grupo anterior de

ejes, no del bastidor principal, sino de una biela $A\ d''$, que gira alrededor del punto A. El cálculo dá la posicion que ha de tener el pivote A, así como la longitud de la biela, para la libre circulacion en curva, y que las líneas medias $m\,m$, $n\,n$, de los grupos de ejes fijo y móvil tomen la posicion radial. El avantren, por estar fijo á la biela, no tiene más movimiento que el trasversal, que le resulta de girar alrededor del pivote, y por el cual toman sus ejes la posicion radial conveniente.

Puede, segun esto, considerarse el tren Bissel como una modificacion del americano, consistente en llevar hácia atrás el punto de giro: de este modo puede tener el avantren tan sólo un eje, si se quiere, y esto no se hubiera conseguido, seguramente, estableciendo en su punto medio el de rotacion.

De todos modos: para evitar las oscilaciones del eje ó ejes que tenga el avantren, en alineacion recta, y que se restituyan á la posicion normal cuando salgan de las curvas, es preciso emplear medios análogos á los que se adoptaron para la traslacion de ejes (número **306** y siguientes). Como verémos sucede en las máquinas Vaessen, la caldera se apoya en el avantren, por medio de planos inclinados, y los movimientos de éste exigen el desarrollo del esfuerzo de reaccion del carril exterior sobre las ruedas correspondientes.

El tren Bissel, notable por su sencillez y bondad, ha sido aplicado por Mr. Engerth á la parte posterior de las máquinas que llevan su nombre.

316. Modificaciones del tren Bissel.—Máquina Vaessen.—No es siempre posible dar al pivote A la posicion teórica, ni á la biela la longitud que asigna el cálculo: en tal caso el sistema resuelve incompletamente el problema, pero se puede remediar el mal concediendo al avantren un movimiento giratorio en el punto d'' de union con la biela.

Entónces el avantren goza de dos movimientos: uno gi-

ratorio, propio, alrededor de un pivote central *d''*, y otro de traslacion trasversal, que proviene de su rotacion alrededor de *A*, con rádio igual á la biela. Nos encontramos en el mismo caso que si, directamente, se hubiese concedido al avantren americano el movimiento trasversal que se consideró necesario en el número **313** (figura 2).

Las figuras 1 y 2, lámina 32, indican suficientemente la disposicion. El pivote está en *A*; *D* es la biela, y *o* el punto de giro del avantren, sobre el cual descansa la caldera, en *H*; es *a* una brida que impide que la caldera se levante y deje de apoyar en *H*, pero que no impide los movimientos trasversales de la biela *D* (al girar alrededor de *A*) y con ella del avantren: al efecto la caldera descansa sobre platinas bien labradas, colocadas en *m*.

La facultad de traslacion trasversal del grupo giratorio debe moderarse y regularse como si se tratase de un sólo eje sin movimientos de convergencia (número **306** y siguiente); para ello se aplica una de las disposiciones conocidas, los planos inclinados, que se labran en las platinas de apoyo de las calderas.

Así están dispuestas las máquinas-tender de mercancías, sistema Vaessen, empleadas en la línea de Alár del Rey á Santander, que presenta numerosas curvas de 300 y aún 200 metros de rádio (láminas 31 y 32).

Estas locomotas tienen un grupo de tres ejes fijos, en la parte posterior, y un avantren de cuatro; en junto diez ruedas.

La tabla siguiente dá los valores de sus elementos.

Superficie de calefaccion.	tubos (en número de 200).	$129^{m^2},36$
	hogar...	$9^{m^2},20$
	Total..	$138^{m^2},56$
Timbre: 8 atmósferas.		
Embolos.	diámetro..	$0^m,46$
	carrera.	$0^m,61$
Diámetro de las ruedas acopladas..		$1^m,20$
Diámetro de las ruedas del avantren.		$0^m,80$
Longitud de base de apoyo (total)..		$5^m,62$
Peso..	máquina vacía (de agua y combustible).	36.500 kg.
	llena..	46.000 kg.
	adherencia máxima..	37.000 kg.
Longitud del bastidor (entre topes)..		$10^m,64$
Separacion de los ejes extremos, fijos..		$2^m,600$

Los depósitos de agua y carbon van colocados lateralmente á la caldera.

Las figuras 2, 3 y 4, lámina 32, dan los detalles del avantren: *D* es la biela, *A* el pivote, *o* el correspondiente al avantren, y *p* las platinas de apoyo, en doble plano inclinado formando gotera. El pivote *o* está situado en los $\frac{3}{4}$ de la longitud de biela, contada desde el eje de *A* hasta la línea trasversal media de las platinas *p*. El avantren recibe un peso de 6 toneladas, que sumado al de 3 toneladas propio, dá 9 toneladas para carga sobre carriles, que es precisamente la diferencia que se observa en la tabla anterior entre el peso total de la máquina y el adherente.

Así como en el sistema americano, el tren Bissel puede aplicarse á los dos extremos del bastidor.

317. Aplicaciones de las variedades de tren Bissel.— En el caso de que la reparticion de carga dé al avantren un peso capaz de ser resistido tan sólo por dos ruedas, y cuando el pivote de giro *A* de la biela pueda situarse en el punto teórico, es preferible, por la sencillez, que aquél conste de un solo eje.

Cuando la carga exija dos ejes para el avantren, si el pivote *A* puede colocarse en su sitio, conviene privar al grupo móvil del movimiento giratorio propio, inútil para la facilidad de circulacion en curvas, en éste caso, y perjudicial para la seguridad de la marcha en alineaciones rectas.

Pero si falta espacio para la colocacion del pivote de la biela, ó ésta no puede alcanzar la longitud teórica, es imprescindible compensar la falta de flexibilidad, que introducen estas causas, con la articulacion del avantren.

318. Sistema Riener.—Cada eje, aisladamente, tiene al mismo tiempo que un movimiento de traslacion, otro de convergencia. El de traslacion es dado por la reaccion del carril exterior, y el convergente ó angular se opera guiando al eje en su movimiento trasversal por superficies inclinadas con relacion á los largueros del bastidor: puede conseguirse este último resultado oblicuando las guias de las cajas de grasa y haciendo mover el eje con éstas, ó fijándolas y guiando oblícuamente en su interior á las manguetas.

Este sistema es poco usado, así como el conocido de Mr. Arnoux, empleado con éxito en los wagones.

319. Máquinas muy poderosas y flexibles.—Las necesidades de construccion de una vía obligan muchas veces á aceptar curvas de muy pequeño rádio, combinadas en algunos casos con rampas fuertes. Cierto es que en algunas ocasiones se ha abusado de los límites prudenciales en ámbos elementos, con grave perjuicio de la traccion, que se hace más cara y difícil; y si una misma empresa fuese constructora y explotadora de la vía, le sería más conveniente un exceso de gastos en los de establecimiento, para obtener perfiles de inclinaciones moderadas y curvas extendidas, porque se economizaria los mucho mayores de entretenimiento y traccion que despues resultan. Es, sin embargo, cierto tambien, que en países accidentados se hace imposible asentar una red férrea sino se admiten inflexiones vio-

lentas, en plano y perfil, para acomodarse á las que el terreno ofrece, y áun esto á costa de grandes desembolsos.

La explotacion exige entónces máquinas que sean á un tiempo poderosas y flexibles.

El problema es complejo y difícil. La potencia de la máquina se deriva en primer lugar de la del generador (número **217**): será preciso que la caldera sea de alta presion y tenga gran superficie de calefaccion, resultándole de aquí longitud y peso considerables, aunque este último trate de reducirse en lo posible, eliminando el inútil para la adherencia (número **300**). Del aumento en longitud y peso se deduce la necesidad de aumentar el número total de ejes, para no rebasar el límite de la carga estática (número **185**), y la separacion de los extremos por razon de estabilidad. Además: el acoplamiento de todas las ruedas es indispensable para aprovechar en beneficio de la adherencia el peso total.

Todos estos expedientes, que la potencia requiere, son opuestos á la flexibilidad de la locomotora. Por esto, la solucion del problema ha preocupado y preocupa tanto la atencion de los ingenieros.

Las máquinas en que se obtiene la convergencia de grupos de ejes con adherencia parcial, resuelven incompletamente la cuestion. Es preciso alcanzar la flexibilidad con acoplamiento completo de ejes.

Las locomotoras construidas para satisfacer estas condiciones tan difíciles de combinar, pueden dividirse en cuatro grupos.

Primer grupo. Se mantiene invariable el paralelismo de los ejes, concediéndoles, empero, libertad de movimientos en sentido de su longitud; á él pertenecen las máquinas de ocho ruedas acopladas de la línea del Norte, y las de Petiet del ferro-carril de Zaragoza á Alsásua, ya descritas, lo que nos dispensa de entrar en más detalles.

Segundo grupo. Los ejes se dividen en dos grupos que

pueden converger, con acoplamiento completo dentro de cada uno de ellos: la rotacion del primero, se comunica al segundo por artificios diversos. Tales son las máquinas Maffei, Enghert, Steïerdorf, Rarchaert, etc.

Tercer grupo. Un solo generador de vapor pertenece á dos vehículos distintos, completamente independientes, acopladas todas sus ruedas en cada uno, y movidos por aparatos motores distintos.

En este grupo deben colocarse las máquinas Fairlie, Meyer, Verpilleux, etc.

Cuarto grupo. La adherencia ordinaria no es utilizada para obtener la potencia. Todas las ruedas pueden ser libres.

En realidad las máquinas del grupo anterior, en que los ejes poséen movimientos trasversales, son suficientes, para la resolucion del problema que nos ocupa, en la mayoría de los casos.

La nueva condicion impuesta, convergencia de ejes siendo todos motores, lo fué cuando aún no eran conocidas y apreciadas en toda su extension las ventajas de la holgura longitudinal, en el concurso celebrado en Austria en 1851 para la adopcion de un tipo conveniente á la traccion en la seccion del Semring, que presentaba curvas de 190 metros de rádio, con rampas de $0^m,025$.

Mr. Couche opina que las locomotoras de ocho ejes acoplados y movimiento trasversal, satisfacen por completo á estas exigencias, que pueden considerarse como límite en líneas de importancia. Más allá, queda siempre el recurso de la doble traccion.

Pero los ingenieros de aquella época no encontraron otro medio de cumplir el programa, que la de dividir el número total de ejes en dos grupos convergentes, conservando el acoplamiento dentro de cada uno, y estableciendo la dependencia de movimientos del último eje del grupo anterior con el primero del posterior por medio de disposi-

ciones más ó ménos ingeniosas, pero defectuosas todas en la práctica.

Cuantos se han ocupado de esta cuestion posteriormente, no han alcanzado el fin propuesto sino por medios complicados. Puede decirse que el problema no ha tenido aún su verdadera solucion, si bien, como ántes se indicó, no es de la importancia de que en un principio se revistió. Por estas razones señalarémos ligeramente los sistemas propuestos, dejando para el que con detalles quiera hacer este estudio, la importantísima obra de Mr. Couche (*).

320. Máquina de Maffei.—Esta máquina tiene: un grupo anterior de dos ejes acoplados formando avantren americano; otro formado tambien de dos, rígidos acoplados, uno por delante y el segundo por detrás del cajon de fuego; por último, los tres ejes del tender acoplados tambien. Todas las ruedas son de igual diámetro; y el tender unido á la máquina por un enganche rígido que hace inalterable la distancia de los puntos medios del eje anterior de aquél con el posterior de ésta.

La trasmision de movimiento de uno á otro grupo, en los tres, se obtenia mediante grandes piñones dentados, acuñados en el medio de los ejes correspondientes, y cadenas que en ellos se arrollaban. De este modo pretendia el autor conciliar la convergencia de los grupos con la dependencia de movimientos. La experiencia ha hecho desechar esta disposicion: si el medio de trasmision cumplia su objeto en alineaciones rectas, dejaba en cambio mucho que desear en el paso de curvas, porque cuando los piñones forman ángulo se rompen fácilmente los dientes y áun los eslabones de engranaje.

321. Máquinas Engerth.—Por delante del cajon de fuegos tiene cuatro ejes, y otro detrás: tres de los primeros, á

(*) Tomo III, pág. 511.

contar del delantero, forman grupo rígido y están acoplados: el inmediatamente anterior al hogar y el posterior constituyen un grupo convergente, cuyo eje de giro está situado en el intérvalo que lo separa del rígido; es, pues, un tren análogo al Bissel, pero situado en la parte posterior. Este tren tiene su bastidor especial, entre cuyos largueros y ejes se aloja el fogon de la caldera, apoyándose en los primeros por medio de consolas. Entre las paredes laterales del cajon de fuegos y los largueros del tren giratorio queda la holgura suficiente para permitir el giro, en la circulacion por curvas. Finalmente: la solidaridad de los grupos fijo y móvil se obtiene por medio de engranajes directos, entre piñones acuñados en los ejes posterior y anterior de ámbos.

Si se elimina el engranaje y se clasifica la máquina en el grupo de las que consiguen la convergencia de ejes con adherencia parcial, puede decirse que Mr. Engerth ha resuelto satisfactoriamente el problema, pues que con una base de apoyo reducida (la separacion del primero y tercer eje) dá el suficiente á la caldera, que es larga, sobre el tren posterior, y así se ha empleado en algunas líneas. Bueno es observar, sin embargo, que la posicion del tren giratorio no dá tanta suavidad á la entrada de las curvas (número **313**).

Pero no puede aceptarse cuando se pretenda utilizar el peso total para la adherencia, porque los engranajes se destruyen rápidamente.

322. Trasmision de rotacion sin engranajes.—La inutilidad de cadenas y engranajes, hizo concebir la idea de trasmitir el movimiento del grupo fijo al convergente por medio de bielas y balancines: tales son los sistemas propuestos por Mrs. Steïerdorf, Rarchaert y otros.

323. Máquina Steïerdorf.—El bastidor consta de dos partes independientes (figuras 7, 8 y 9, lámina 33) que giran en *O*: la parte anterior lleva tres ejes acoplados y la posterior dos, que tambien lo están, entre los cuales se aloja el

cajon de fuegos de la caldera, á semejanza de la máquina Engerth, descansando sobre el rodete *G* del travesero *T*.

La trasmision de movimientos del primer grupo de ejes al segundo se opera del siguiente modo. Por encima del eje *B*, primero del tren posterior, y paralelamente á él, se sitúa otro eje *C*, sostenido en sus extremos por barras *C*, *B*, apoyadas inferiormente en aquél. Estas barras pueden girar, describiendo su parte superior un arco alrededor de la inferior.

El eje *C* se une al *A*, último del grupo anterior, con la barra *t*: los tres *A*, *B* y *C* tienen manivelas, que son paralelas en todas sus posiciones: las del primero y tercero están unidas con bielas de trasmision *l*, y las del segundo y tercero con la *n*. Fácilmente se concibe la comunicacion de movimientos: la manivela *A* mueve á la *C* y ésta á la *B*.

Si en alineacion recta suponemos que se alejen ó aproximen los ejes *B* y *A*, el eje *C* girará á la derecha ó izquierda, pero siempre la trasmision de movimiento está asegurada, pues la rigidez de las bielas *n*, *l* y *t* mantiene el paralelismo de las tres manivelas, del cual depende aquella exclusivamente.

Supongamos que la máquina entra en una curva cuyo centro se halle del lado *S* (figura 8): los ejes *A* y *B* se aproximarán por este extremo y se separarán en el otro, correspondiente al carril exterior; la extremidad del eje *C*, próxima al centro de la curva, girará á la izquierda y la otra á la derecha. Pero como el paralelismo de las manivelas no se altera en cada lado de la máquina, la rotacion del eje *A* continuará trasmitiéndose al *B* por intermedio de *C*.

Las barras *l* y *t* no se encuentran ahora en planos verticales paralelos al que contiene á *n*, como sucedia en línea recta, sino en planos convergentes; y para permitirlo, las manguetas de las manivelas y las muñoneras del eje *C*, son esféricas.

Esta solucion es ingeniosa; pero las razones geométricas, ántes enunciadas, en que se funda, sólo son exactas en alineamientos rectos, cuando los planos verticales que contienen los ejes de las barras *n*, *l* y *t* son paralelos. En curva, la convergencia de estos planos haria necesaria, para la exactitud geométrica, una pequeña variacion en las longitudes de las barras. Necesariamente han de desarrollarse, pues, esfuerzos grandes que provocarán la fractura frecuente de estas piezas, por mucha que sea la escuadría que se les asigne.

El sistema Steïerdorf ha obtenido muy escaso éxito.

324. Máquina Rarchaert. — En la máquina Rarchaert hay dos grupos de ejes acoplados, trasmitiéndose el movimiento del primero al segundo por medio de balancines.

Sea *A* (figura 14, *X*) el último eje del grupo anterior y *B* el primero del posterior: las manivelas de las extremidades se unen por medio de bielas *m* y *n* (líneas de trazos fuertes) á los balancines *b*, uno por cada lado, acuñados en los extremos del falso eje proyectado en *O*, paralelo á los anteriores, que puede girar alrededor de su punto medio en el plano horizontal que lo contiene. Las revoluciones de las manivelas producen en los balancines oscilaciones, cuya amplitud está señalada de puntos en la figura, así como las posiciones de bielas correspondientes.

Cuando la máquina éntre en curva, los ejes *A* y *B* se aproximan por uno de sus extremos (figura *Z*), y se separan por el otro (figura *Y*): la posicion media de los balancines, que era vertical en alineacion recta, estará inclinada hácia la derecha para el balancin situado del lado interior de la curva (figura *Z*), y á la izquierda para el exterior; pero en ámbos los movimientos se continuarán efectuando de un modo análogo, y por su intermedio el eje *A* trasmite al *B* la rotacion.

Algunas objeciones interesantes pueden hacerse á este

sistema. La longitud de los balancines ha de ser considerable, si se quiere evitar que sus oscilaciones sean de excesiva amplitud: de modo que si las ruedas son pequeñas, los extremos de aquellos estarán muy próximos al balasto, y el más pequeño obstáculo de la vía podria dar lugar á un accidente. Además: la buena trasmision de movimiento exige que los balancines giren á un tiempo en el mismo sentido, pues si no fuesen simétricas las fuerzas que obran en las extremidades del árbol *O*, como es giratorio en su punto medio no presentaria el punto de apoyo necesario para la trasmision de los esfuerzos de la biela *m* á la *n*.

Ahora bien: para que los balancines giren siempre en el mismo sentido, es preciso que las manivelas *A*, de ámbos lados de la máquina, *sean paralelas*; y como es circunstancia indispensable que estén á ángulo recto, para salvar los puntos muertos, sólo podrán combinarse los dos extremos duplicando todo el sistema de conexion de los dos ejes *A* y *B*, situando el segundo grupo de manivelas á ángulo recto con el primero.

A los defectos indicados puede añadirse la fragilidad del sistema por las articulaciones esféricas que forzosamente ha de haber en bielas y balancines.

Preferible es, sin duda, la disposicion siguiente.

325. Ejes conjugados por sus puntos medios.—Bielas triangulares.—La figura 15 (*X*) indica la disposicion. *A* y *B* son los ejes conjugados; *C* el falso eje; *b* y *b'* las bielas que unen las correspondientes manivelas, todas paralelas: las de los ejes *A* y *B* están unidas además por la biela *b''*. De este modo, cuando las de *C* y *B* (figura *Y*), se encuentran en puntos muertos, la *A* obra sobre la *B* por intermedio de *b''*. Lo mismo se veria que sucede cuando las manivelas de *A* y *C* están en los puntos muertos.

Esta idea ha sido aplicada por Mr. Rarchaert en la forma que indica la figura 16. El falso eje *C'* tiene en sus extremos

dos manivelas *m* y *m'*, á ángulo recto, sobre las que obran directamente los émbolos. Los ejes *A* y *B* se unen al *C* con las bielas *b*, *b'*, y además, los dos primeros con la *n*, que obra sobre codos á ángulo recto con las de *b*: las bielas *b*, *b'* y *n* forman la triangular ántes explicada.

Otras soluciones hay para la trasmision de movimientos por medio de bielas y balancines, pero ninguna de ellas ha conseguido generalizar su empleo, y se ha limitado su aplicacion á las tentativas de sus autores.

326. Tercer grupo.—La adherencia total de la máquina con grupos de ejes convergentes por medio de los mecanismos de trasmision que hemos visto, no ha tenido una solucion satisfactoria, por las dificultades de esta trasmision.

Por esto algunos ingenieros han seguido un camino muy distinto, que elimina estos inconvenientes, creando otros, cierto es. Conservan el generador de una pieza, ya componiéndolo de una caldera única, bien de dos empalmadas por los hogares, y la hacen gravitar sobre vehículos distintos, que pueden ser convergentes. Los dos grupos de ejes se hacen motores, proveyendo á cada uno de su aparato correspondiente: resultan, pues, máquinas de cuatro cilindros, á favor de los cuales se consigue la independencia completa de los grupos de ejes convergentes.

327. Máquina Fairlie.—La idea de un generador compuesto de dos gemelos, unidos por los cajones de fuego, no fué presentada por la primera vez por Mr. Fairlie; y ya se vió en las máquinas *Seraing*, una de las que asistieron al concurso del Semring. Pero nada tenemos que añadir á lo que se dejó indicado sobre este tipo de caldera en el capítulo VII (número **239**), y sólo nos resta considerar el sistema bajo el punto de vista del vehículo.

Consta éste de dos trenes independientes *A* y *B* (figura 17, lámina 33), compuesto cada uno de dos ejes acopla-

dos, con sus aparatos motores, receptores y de trasmision, correspondientes.

La caldera se apoya en los puntos *C* y *D*: un grueso pivote, colocado en cada uno de ellos, permite la convergencia de los grupos de ejes; y las platinas circulares *m* y *n*, sirven de superficie de resbalamiento á las partes de caldera próximas á los pivotes.

El hogar comun se instala en el intérvalo de los dos bastidores (véase *H* en la figura); y para que no resulte suspendido, se apoya, por el intermedio de los rodetes *l* situados en el marco *M*, en las carriladas *a b*, *a' b'* de aquellos.

Los tubos de toma de vapor y escape tienen articulaciones que les permiten obedecer á los movimientos de direcciones opuestas que se engendran, en la caldera y vehículo, cuando los grupos de ejes convergen.

Antes de proclamar la excelencia de un tipo nuevo, es preciso que la práctica la sancione, demostrando si la conservacion y buen régimen de los mecanismos, y especialmente en el caso presente, si los rozamientos y resistencias desarrolladas en el paso de las curvas, están dentro del programa anunciado por los constructores. No basta que una máquina sea flexible: es preciso que las disposiciones adoptadas para conseguir esta flexibilidad no introduzcan resistencias pasivas de gran consideracion, que se han de traducir por un notable aumento en los gastos de la traccion.

El sistema de Mr. Fairlie está ensayándose en algunas líneas extranjeras. El tiempo ha de decidir de la bondad de sus condiciones.

328. Máquina Meyer.—(Figuras 10, 11, 12 y 13, lámina 33.)—El vehículo se compone de dos trenes *M* y *N* de cuatro ruedas, de bastidores completamente independientes: el delantero puede girar alrededor de un pivote *B*, del cual parte la barra *T* que lo liga al segundo en la articulacion *K*. El generador se instala del siguiente modo: tiene un punto

de apoyo en el pivote de giro *B* del avantren, y situado en el centro de éste, y otros dos en el tren *N*, á uno y otro lado del hogar que se coloca entre los ejes. Al efecto lleva el hogar lateralmente dos pequeñas cavidades ó ranguas, que apoyan sobre pivotes semiesféricos *a a'* (figura 12), fijos á unas platinas *b*, que pueden resbalar sobre los planos horizontales *d*, asegurados al bastidor, y provistos de rebordes que limitan los movimientos de *b*. La línea de los pivotes *a* está en el plano vertical que contiene el centro de gravedad del tren *N*, así como el *B* pasa por el análogo de *M*. Los dos trenes pueden converger sin que se oponga la caldera: cuando el centro de la curva esté del lado *E*, el pivote *a'* resbala con la platina sobre su asiento, retrocediendo, y el *a* avanzará, quedando *a a'* perpendicular á *m B*.

La barra *T* sólo trabaja por traccion; para evitar los choques y compresiones, se dá á la articulacion una pequeña holgura, y se ponen los topes rígidos *R* en el eje longitudinal de la máquina (figura 11): de este modo, en el retroceso, el tren *M* empuja al *N* por medio de éstos, y no sufre compresion *T*. Dos cadenas de seguridad laterales, que por su proximidad al eje pueden estar bien tensadas sin que embaracen la convergencia, suplen á la barra *T* en caso de ruptura. Con esto se evita el inconveniente de la fractura (en las tracciones bruscas) de las cadenas.

La caldera es única: hay cuatro cilindros *C*, dos por cada tren, con tubos de toma de vapor independientes, pero uno comun de escape, situado en el pivote de giro. La figura 13 detalla suficientemente la organizacion. Los tubos de admision de ámbos trenes, y el que conduce el vapor de escape del *N* á *X*, están articulados.

El regulador está dispuesto de modo que el maquinista puede conducir vapor á los cilindros de los trenes, en cantidad igual ó diferente, ó á uno de ellos solamente. Pueden, por lo tanto, trabajar los émbolos respectivos con un mismo

ó distinto punto de sus palancas correspondientes, que, si bien son independientes, se hacen solidarias, á voluntad, para el cambio de marcha.

El avantren conduce las cajas de agua, sólidamente aseguradas á su bastidor: el tren posterior conduce el combustible: la máquina Meyer es, pues, una *locomotora-tender*. La disposicion de las cajas es tal, que cuando se ha consumido la mitad del agua y carbon, el centro de gravedad de cada tren pasa por la vertical del centro de figura; esta reparticion de peso es uniforme.

La máquina *L'Avenir*, tipo de las del sistema Meyer, tiene:

Superficie de calefaccion	tubos.	144^{ms}
	hogar.	8^{ms}
	Total. . .	152^{ms}
Diámetro de las ruedas.		$1^{m},30$
Separacion de ejes en cada grupo. . . .		$2^{m},90$
Peso (vacía).		$40^{t},5$
Con aprovisionamiento medio.		$47^{t},6$
Llena.		$50^{t},5$

Si se supone, en este último caso, que la reparticion de peso es uniforme, corresponde á cada eje $12^{t},6$.

La locomotora *L'Avenir* ha circulado libremente en curvas de 80 metros de rádio y áun en otras de 47 metros. Su potencia de traccion es, en alineamiento recto, la que corresponde, independientemente de la disposicion del vehículo, á la presion de trabajo del vapor y al peso adherente, que aquí es el total. Su flexibilidad está demostrada por los hechos citados en las anteriores líneas; pero faltan datos de experiencia para poder juzgar la bondad del sistema en lo que concierne á otro punto interesantísimo: el consumo de combustible por unidad de trabajo útil, en la circulacion

por curvas; la frecuencia de averías en servicio, y los gastos de entretenimiento.

Dos objeciones principales, sin embargo, se hacen al sistema Meyer. El primero resulta de la adopcion de un generador con hogar único: los tubos alcanzan desmesurada longitud, de modo que su parte extrema anterior es de poca eficacia como superficie de calefaccion (número **220**) y aumenta el peso de la locomotora. Se deriva el segundo de la independencia de bastidores de los trenes convergentes, y es comun á todos los sistemas análogos; los tubos conductores del vapor de admision y escape, provistos de articulaciones, se destruyen muy pronto y dan lugar á numerosas fugas de vapor, muy difíciles de evitar.

329. Sistema Verpilleux.—Consiste en hacer motor el tender, á voluntad; con lo cual se aumenta la potencia, sin asignar dimensiones exageradas á la máquina y á su base de apoyo.

En la línea del Este francés, las máquinas de esta clase tienen tres ejes acoplados, siendo de $3^m,60$ la separacion de los extremos: el tender es de seis ruedas acopladas y está provisto de dos cilindros interiores, cuyos émbolos mueven el eje medio. El vapor se toma de la caldera en la misma cámara de donde parten los tubos que lo conducen á las cajas de distribucion de la máquina, por un tubo que desciende verticalmente y se extiende despues por la parte inferior á lo largo del bastidor y pasa á la caja de distribucion del tender, de la cual parte el de escape correspondiente, que desemboca por encima del nivel superior de las cajas de agua.

Este sistema es ingenioso, pero presenta en la práctica graves inconvenientes. De conservar la base de apoyo reducida en la máquina, la caldera no puede tener grandes dimensiones, como se necesita para producir el vapor consumido por el aparato motor del tender. Se ha duplicado el

número de cilindros, émbolos, bielas y demás piezas del mecanismo receptor y de trasmision de movimiento, y con él los gastos primeros y de entretenimiento. Además: el tubo de toma, con numerosas cajas de estopa, se deteriora con suma facilidad.

330. Sitema Sturrock.—Se diferencia tan sólo del anterior, en que el vapor de escape, de los cilindros del tender, se inyecta en las cajas de agua para calentarlas.

Las disposiciones más ó ménos ingeniosas, bosquejadas en los números precedentes, serian inútiles, si, no reclamando de la locomotora más de lo que ésta máquina puede dar de sí, se atuviesen los ingenieros constructores de líneas férreas á límites de inclinacion de rampas y curvatura de curvas más moderados. Si bien es cierto que en algunos casos las condiciones topográficas del terreno se oponen á ello, tambien lo es que en otros muchos podria, y sería preferible, hacer un trazado de rampas débiles y curvas de gran rádio, acumulando en uno ó más puntos las diferencias de nivel del trayecto, y dedicando máquinas fijas, con planos inclinados, para el servicio de la traccion en ellos.

La explotacion se efectuaría en mejores condiciones.

331. Cuarto grupo.—En las máquinas de este grupo, dedicadas á rampas muy pronunciadas, y por lo tanto excepcionales, se prescinde de la adherencia ordinaria, insuficiente desde luego, y se adoptan expedientes singulares en cuyo estudio, siquiera sea á la ligera, no entramos, ciñéndonos exclusivamente á cuanto queda explicado, referente á la tracccion por el intermedio natural y sencillo de *adherencia de ruedas sobre carriles.*

FIN DE LA PRIMERA PARTE.

ÍNDICE.

	Número	Página
INTRODUCCION		V
CAPÍTULO PRIMERO.		
Preliminares	1	1
CAPÍTULO II.		
Nomenclatura	28	27
DESCRIPCION DETALLADA DE LA LOCOMOTORA.		
CAPÍTULO III.		
Generacion del vapor	»	»
Artículo primero.—Caldera	39	45
Artículo II.—Alimentacion	98	95
CAPÍTULO IV.		
Aparato motor	»	»
Artículo primero.—Receptores	117	123
Artículo II.—Trasmision de movimiento	128	132
Artículo III.—Distribucion	136	145
CAPÍTULO V.		
Vehículo	»	»
Artículo primero.—Bastidor	154	175
Artículo II.—Suspension	163	181
Artículo III.—Ejes y ruedas	177	195
CAPÍTULO VI.		
Tender	200	217
CAPÍTULO VII.		
Discusion de la locomotora considerada como máquina de vapor	217	229
CAPÍTULO VIII.		
Discusion de la locomotora considerada como vehículo	255	287
Artículo primero.—Adherencia	256	290
Artículo II.—Estabilidad	264	304
Artículo III.—Análisis de los elementos del vehículo	275	319
Artículo IV.—Máquinas de viajeros, mixtas, de mercancías y estacion	292	347
Artículo V.—Máquinas especiales	300	359

TRACCION EN VÍAS FÉRREAS.

TRACCION

EN

VÍAS FÉRREAS

SEGUNDA PARTE

MANUAL DEL MAQUINISTA

Y FOGONERO

POR EL COMANDANTE DE EJÉRCITO

DON JOSÉ MARVÁ Y MAYER

Capitan de Ingenieros.

MADRID.

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

1878.

INTRODUCCION.

El personal necesario para la conduccion de las locomotoras, se compone de un *Maquinista* y de su ayudante, llamado *Fogonero*.

El maquinista es el verdadero conductor de la locomotora: hace todas las maniobras necesarias; dá, con el silbato, las señales reglamentarias, vigila el entretenimiento de la máquina y tender, y repara los desperfectos más urgentes.

Bajo la direccion del maquinista, el fogonero enciende el hogar, lo carga de combustible, pica el fue-

go y quita las escorias, hace los engrases y arregla las estoperas.

Es su papel el de discípulo que aspira á maquinista, para lo cual necesita, cuando ménos, dos años de noviciado.

El servicio de las locomotoras es peligroso y de fatiga, y exige de los maquinistas aptitudes física, intelectual, y aún moral, muy especiales.

No solamente han de saber leer, escribir y las cuatro reglas de aritmética, sino tambien los fenómenos principales de la vaporizacion y combustion; propiedades del vapor de agua, y tener un perfecto conocimiento de todas las piezas, áun las más insignificantes, que entran en la composicion de la máquina, y el papel que en ella desempeñan. A este estudio hay que añadir, para hacerlo completo, el práctico de los talleres de montar. Para formarse una idea acabada de una pieza, no basta verla colocada en su sitio, en la locomotora, sino desmontada, aislada. Además: un buen maquinista ha de ser buen obrero ajustador, para poder hacer frente, en marcha, á los accidentes imprevistos, y practicar por sí mismo las reparaciones más perentorias.

Téngase presente que el maquinista, en servicio corriente, no recibe instrucciones inmediatas de nadie, ni tiene quien le guie, ni aconseje en las situaciones difíciles: solo, en la máquina, queda entregado á su inspiracion y á sus propios recursos.

Ha de dedicar atencion continuada á la vía y máquina, hasta en sus últimos detalles; practicar con rapidez y precision un gran número de maniobras, en medio del aturdimiento natural, producido por la grande velocidad de marcha, por el ruido, lluvia, granizo, viento que azota el rostro; en la oscuridad

de la noche, ó cegado por el humo y polvo durante el dia. Ha de tener una constitucion física á prueba de las inclemencias de las estaciones extremas, que arrostra sin abrigo ni techo.

Está expuesto á constantes peligros: choques contra obstáculos, intencional ó casualmente colocados sobre la vía; colisiones de trenes que marchan en direcciones opuestas, ó en una misma con distinta velocidad; explosiones de la caldera, fractura de ejes, llantas, bielas, que producen descarrilamientos; hundimientos de la vía en terraplenes, puentes, viaductos, etc., componen el catálogo de los siniestros, por desgracia demasiado frecuentes, que registra la historia de la explotacion de las líneas férreas. Ante estos peligros ha de tener serenidad y valor probados, para precaver ó atenuar rápidamente sus consecuencias, ó remediarlas en lo posible, si han sido inevitables.

El puesto de honor del maquinista es la locomotora, que no ha de abandonar nunca, aunque sea inminente una catástrofe, para cumplir hasta el último extremo con sus deberes, que no se limitan á la conduccion del tren, sino que comprenden cuanto tienda á evitar todo género de accidente.

En suma: son cualidades indispensables en un buen maquinista, la inteligencia, celo, valor sereno y pundonor profesional; variadas condiciones que, unidas al riesgo y fatiga inherentes á la naturaleza del servicio, merecen ventajosa remuneracion y garantías de seguridad para el porvenir.

El maquinista y fogonero se mantienen en pié, en la plataforma situada detrás del hogar; evitando colocarse enfrente de la palanca de contramarcha, que puede desengranarse del arco, y herirles

en el pecho, y á un lado de la puerta del hogar, para no ser alcanzados por la llama y gases que de él escapen. No es prudente tener un pié en la plataforma de la máquina y otro en la del tender, porque si estos vehículos se separan, por fractura de los enganches, se caeria irremisiblemente en la vía. Unicamente para hacer los engrases de los cilindros, y en otros casos de necesidad, ha de circularse en marcha por las plataformas laterales, teniendo cuidado de agarrarse bien á los pasamanos.

El traje de los maquinistas y fogoneros en invierno ha de abrigar bien, especialmente el pecho y vientre.

Uno de los más empleados, consiste en chaqueton, chaleco y pantalon de pana fuerte, que se cubren con pantalon y blusa de lienzo azul, para tenerlos limpios, y una gorra de piel, que se ciña á la cabeza, con orejeras que cubran bien la nuca. Aun en verano no convienen los trajes ligeros y muy abiertos, pues si bien son aceptables en las paradas, no protegen contra el frio que se experimenta siempre en marcha. En todo tiempo es muy conveniente el uso de gafas de tela metálica, para librar los ojos de la inflamacion que produce el polvo y granos de combustible que escapan por la chimenea. El alimento ha de ser muy nutritivo y tónico; y si bien está recomendado, hasta cierto punto, el uso moderado de las bebidas espirituosas, han de abstenerse del abuso, cuyas deplorables consecuencias deben tener siempre presente.

FOGONERO

CAPÍTULO PRIMERO.

ENTRETENIMIENTO DE LA MÁQUINA.

ARTÍCULO PRIMERO.

ESTOPEROS.

1. Cajas de estopa y prensa-estopas.—Al hacer la descripcion de la locomotora, habrá podido observarse que algunas piezas dotadas de movimiento, dentro de espacios incomunicados con el exterior, tales como la caldera, cilindros, cajas de distribucion, etc., salen de su recipiente trasmitiendo ó recibiendo la accion de otras. Así sucede, por ejemplo, con los vástagos de los émbolos, varillas de los distribuidores y regulador. Hay, pues, necesidad de conservarles la libertad de movimientos, pero con la condicion, al

propio tiempo, de impedir la salida del vapor por los orificios abiertos, en las paredes de los espacios cerrados, para el paso de las varillas. Este es el objeto que cumplen las *cajas de estopa*, llamadas tambien *estoperos* ó *estoperas* por los prácticos.

A pesar de haber sido ya descritas las cajas de estopa, en la primera parte de esta obra, recordarémos aquí su composicion, suponiendo, para fijar las ideas, que se trata de las correspondientes á las barras de émbolo.

R (figura 11, lámina 34) es la caja de estopas propiamente dicha, fundida con la tapa del cilindro; *a*, el orificio abierto en ésta para el paso del vástago del émbolo; y *b*, un cilindro hueco, de bronce ó laton, llamado *casquillo*. El casquillo *b* tiene el diámetro estrictamente preciso para el paso de la barra; pero, de no tomar otra precaucion, por muy bien labradas y pulimentadas que estuviesen las superficies en contacto, habria escapes de vapor por ellas; accidente que se agravaria con el tiempo, cuando los casquillos aumentan de diámetro interior por los rozamientos de la varilla. Es preciso, pues, aplicar en *c* una materia que impida los escapes de vapor, sin embarazar los movimientos del vástago.

Esta materia debe reunir várias condiciones: ha de ser elástica, para unirse bien á la varilla; debe ejercer presion suficiente sobre ésta y las paredes interiores de la caja, para detener las fugas de vapor; y finalmente, ha de estar exenta de cuerpos duros, que, por el rozamiento, rayarian y destruirian el cuerpo móvil.

Puede emplearse el cáñamo, lino, algodon, cuero, caoutchouc volcanizado, rodajas metálicas, etc.; pero en las locomotoras se usa especialmente el cáñamo suave, que se aloja en el espacio anular *c*, llamado por esta razon *caja de estopas*.

El cáñamo ó materia obturadora sería expulsado por el vapor que escapa por las holguras del casquillo, si no se su-

jetase fuertemente, y para este fin sirve la pieza *A*, denominada *prensa-estopas*, pues que, en efecto, ejerce sobre éstas una fuerte presion por medio del cilindro *C*, introducido á rozamiento suave en la caja *R*, y asegurado por las orejas *A* con los pernos *m* y tuercas *n*. El cilindro *C* lleva en su interior otro hueco *d*, de aleacion de cobre y estaño, llamado *guarnicion*.

El casquillo *b* y la guarnicion *d* desempeñan un importante papel: proporcionan un rozamiento suave con la varilla, preservándola, así como á la caja de estopas y prensa, de los desgastes consiguientes. Cuando se ovalizan, por la desigual accion de los rozamientos en los diversos puntos de su superficie interior, son fácilmente sustituidos, y su renovacion economiza la de toda la caja.

2. Cajas de estopa que se encuentran en una locomotora.—Todas las cajas son iguales á la descrita, ó se diferencian en detalles insignificantes. La de la figura anterior lleva un pequeño aceitero en la oreja superior de la prensa, para la lubrificacion de la barra de émbolo en la parte que roza con el cáñamo.

En una locomotora se encuentran las siguientes cajas de estopa:

1.° Una en cada cilindro, y áun dos en cada uno, cuando por el excesivo peso de los émbolos (máquinas grandes de mercancías), se hace preciso guiarlos bien, prolongando la barra para que atraviese la tapa anterior.

2.° Dos por distribuidor, suponiendo que su varilla se prolongue atravesando la tapadera anterior de la caja.

3.° Una para el paso de la varilla del regulador, en la cúpula, ó en la pared plana posterior de la caja exterior de fuego.

4.° Tres en el Giffard: dos de ellas en el émbolo y otra en la aguja ó lanza.

5.° En las bombas, una para el émbolo.

3. Colocacion y renovacion de las estopas.—El cáñamo no se coloca en madejas, sino en *trenzas* de grueso un poco superior al del espacio anular de la caja. Las trenzas se forman fácilmente, retorciendo el cáñamo hácia el medio de su longitud (figura 10), liando los cabos, retorciendo las hebras de cada uno antes de enlazarlo con el otro, en las diversas vueltas.

Se procura que las trenzas tengan un grueso uniforme, y con este objeto se ligan las puntas con la parte próxima anterior, segun manifiesta la figura. En los dos ramales con que se forma la trenza, conviene que el cáñamo esté igualmente apretado, ni mucho, ni muy flojo, para que toda ella resulte de dureza igual. Si es preciso, se golpea ligeramente con un trozo de madera ó martillo para conseguirlo.

Construida la trenza, se unta perfectamente con sebo ó grasa (*), antes de colocarla en su sitio, para que el cáñamo adquiera más flexibilidad, se introduzca y aloje más suave y fácilmente en la caja, y verifique uniforme presion sobre la varilla, por la facilidad de resbalamiento de las fibras entre sí al atacarlo.

Si se trata de la estopera de un émbolo de cuerpo de bomba, es indispensable prescindir por completo del sebo ó grasa para la lubrificacion de las trenzas, y emplear en su lugar el agua; porque las pequeñas cantidades de aquél, arrastradas por el agua de inyeccion, pueden quedar depositadas en el asiento de las válvulas y hacerlas dormir.

Una vez preparadas las trenzas, se quitan las tuercas *n* que sujetan la prensa (figuras 11 y 12), y se corre ésta sobre la varilla, descubriendo la caja (figura 13): arróllanse, como manifiesta el dibujo, y se atacan con un botador de madera y un martillo, hasta que queden completamente introduci-

(*) La grasa comunmente empleada, se fabrica con aceite de palma, sal sosa y sebo de caballo.

das, de modo que la última porcion alojada diste un centímetro del borde de la caja, á contar desde la boca de entrada.

Para evitar que los vástagos se descentren, es preciso quede igual cantidad de cáñamo á su alrededor, y atacarlo uniformemente.

Llena la caja de estopas en la forma que se ha dejado indicada, se golpea la trenza con la prensa, introduciendo despues ésta en su sitio (figura 12), atornillando las tuercas por igual, con dos vueltas cuando más á la vez para cada una, á fin de que éntre rectamente, sin cabecear, y ejecute idéntica presion en todos los puntos del guarnecido. Si el prensa-estopa entra con demasiada facilidad, es prueba de que se ha puesto poco cáñamo: se destornillan entónces las tuercas, se saca la prensa, y se introducen nuevas trenzas, atacándolas y cerrando la caja como queda dicho.

Casi es preferible, cuando la caja de estopas es de gran longitud, colocar sucesivamente várias trenzas pequeñas, que una grande de una sola vez; porque en este último caso, por mucha fuerza que se emplée al atacar, sólo se conseguirá comprimir la última parte, y no la del fondo de la caja; miéntras que en el primero, las trenzas resultan igualmente apretadas en todas partes.

Entiéndase que el atacado de las estopas no ha de exagerarse; pues si cuando están flojas dejan paso al vapor y no obturan bien, demasiado apretadas rayan las varillas, en las cuales, al moverse, producen rozamientos de consideracion.

Si la guarnicion de la prensa se ovaliza con los rozamientos y tiene holguras, de modo que no ajusta perfectamente con la barra ó varilla, se corre el peligro, al prensar, de que algunas hebras ó filetes de cáñamo se introduzcan en los huelgos citados: el movimiento es duro entónces y la barra se raya fácilmente.

Colocada definitivamente la prensa dentro de la caja, es

preciso que no quede introducida en ésta más del tercio de su longitud, á partir de la boca. En efecto: las trenzas nuevas se aflojan siempre, porque el vapor que sobre ellas obra, escapado del cilindro por las holguras inevitables del casquillo de la caja, las seca y hace disminuir de volúmen: hay que apretarlas, pues, y es conveniente que no se disminuya demasiado la longitud de guarnecido, para que la obturacion sea perfecta.

Tampoco debe caerse en el extremo opuesto, llenando de trenzas la caja, porque quedando entónces muy afuera la prensa, pudiera tropezar con la corredera del extremo del vástago, cuando al resbalar, en su movimiento rectilíneo alternativo, llega á los puntos muertos anteriores. Ha de tenerse muy en cuenta esta circunstancia al guarnecer toda caja de estopas, procurando siempre no dificultar los movimientos de las barras ó varillas.

El aceitero del prensa-estopas es utilísimo: lubrifica el vástago, y por él las trenzas, consiguiéndose movimientos más suaves.

Las trenzas de cáñamo han de renovarse con frecuencia: el vapor las quema en gran parte con el tiempo, y la parte no quemada se endurece, originándose escapes abundantes, que es difícil y áun peligroso evitar, apretando fuertemente la prensa, porque por la dureza de aquellas se trasmiten al vástago presiones y rozamientos tan enérgicos, que á veces ocasionan su fractura.

La frecuencia en la renovacion de las estopas, depende del estado de los casquillos: si tienen mucha holgura, pasa el vapor á la caja fácilmente, y las quema más pronto.

En máquinas nuevas ó recientemente reparadas en talleres, con casquillos nuevos, las trenzas duran veinte dias, y á veces más. Cuando los casquillos están muy desgastados, la renovacion se repite cada tres ó cuatro dias.

El desgaste y ovalizacion rápidos de los casquillos pro-

viene, casi siempre, de faltas de cuidado en los montadores de los talleres.

Ya se ha dicho en la primera parte de esta obra que las paralelas se aseguran por su extremo posterior al puentecillo, en un dado *a* (figura 1 de las 17, lámina 34), interponiendo pequeñas cuñas de metal *b*, llamadas *suplementos*, y afirmando el todo con pernos *c*. Cuando se forman holguras entre el taco ó corredera del extremo del vástago y las paralelas, se quita uno ó más suplementos, para aproximarlas, y se mantiene así el ajuste necesario, que evita los cabeceos de aquél; pero es indispensable que se disminuya la separacion por igual en las dos paralelas, y para cada una en sus dos extremos, pues de lo contrario la línea media de ambas no es prolongacion del eje del vástago: las tracciones y presiones del émbolo se operan oblícuamente, los casquillos se ovalizan, y el guarnecido de cáñamo se abre, dando paso al vapor, que lo quema. A los montadores les es más fácil quitar los suplementos de la paralela inferior; y ya por pereza ó por descuido, dejan muchas veces descentrada la corredera, y con ella la barra de émbolo, que á su vez puede ovalizar los cilindros.

Algunos fogoneros *recargan* las estopas; es decir, añaden trenzas nuevas á las ya viejas, situadas en el fondo de la caja. El cáñamo viejo, muy seco ó quemado, produce los malos resultados de que hemos hecho mencion anteriormente: no debe, pues, seguirse esta práctica viciosa, y sí, por el contrario, hacer completa la renovacion.

El cáñamo viejo se extrae con un pequeño gancho de alambre grueso, pero este medio es insuficiente en algunas ocasiones, por lo fuertemente adherido que está á la caja.

Empléase entónces por algunos fogoneros el ingenioso procedimiento siguiente, suponiendo que se trata de estoperas de cilindros ó distribuidores. Una vez separadas las prensas, se dá entrada al vapor en el cilindro ó caja de distribu-

cion correspondiente; y la presion que efectúa sobre las trenzas, las expulsa, ya por completo, bien por un cabo solamente. En este último caso, antes de completar la extraccion con el gancho, es prudente, despues de cerrado el regulador, abrir los grifos purgadores, para dar salida al vapor que aún pudiera permanecer en el cilindro ó caja; pues de no tomar esta precaucion, desembocaria por la de estopas, al arrancarlas definitivamente, quemando las manos, cara ó cuerpo del operador.

La renovacion de trenzas, en las estoperas de la caja de distribucion, se verifica de un modo análogo al explicado para las de los cilindros: ambas pueden hacerse en las estaciones de llegada, ó en las intermedias, si las paradas son de alguna duracion.

La caja de estopas del extremo superior del émbolo, en el Giffard (figura 4, lámina 8), ó posterior, si éste vá situado horizontalmente, se guarnece del modo ántes descrito, si bien con trenzas más delgadas, ensebándolas.

En la parte inferior del émbolo del Giffard, cerca de la tobera (figuras 3, lámina 35), lleva aquél una canal circular, poco profunda, que sirve de estopera, para que deslizando sin holgura dentro del cilindro, impida al vapor que sale de la tobera la ascension por entre las superficies en contacto. No se emplean trenzas en esta caja, por su pequeñez, sino *cuerda*, especie de bramante algo grueso que se arrolla en la canal ó garganta *a*, ántes citada. Al efecto, dicha canal tiene un pequeño rebajo, *b*, en sentido de una generatriz: en él se alojan las dos hebras del extremo del bramante, que se destuerce en una longitud de 3 á 4 centímetros, la una *m* hácia arriba y la otra *o* por abajo: encima se arrolla en hélice la cuerda *n*, apretando cada vuelta sobre la anterior, para que resulte el todo bien unido. Continuando de este modo, de abajo á arriba, se llena completamente la garganta; y si en la última vuelta hubiese dificultad para alo-

jar la cuerda, se la golpea con el martillo para encajarla fuertemente.

Se corta despues con la navaja la cuerda sobrante y los extremos de las hebras que aparezcan al exterior, por los de la garganta, y queda terminada la operacion sin necesidad de hacer nudo alguno, que sería un obstáculo para la introduccion y movimientos del émbolo en el cilindro: si se teme que queden holguras, por ser delgado el bramante, se le recarga, despues de arrollado, con hebras de cáñamo.

Cuanto menor sea la cantidad de agua que contiene el tender, tanto más importa que el émbolo ajuste perfectamente con el cilindro: pues que el vapor ha de efectuar aspiracion más profunda por el tubo de este nombre, es preciso que no haya escapes.

Para renovar el guarnecido de cuerda, se saca el émbolo del cilindro, destornillando antes, como es de suponer, con la palanquilla correspondiente, el tornillo que los une.

El tubo indicador del nivel de agua en la caldera, tiene dos pequeñas estoperas en sus extremos, para las cuales se emplea el algodon. Se quitan las prensas, que entran á rosca en las cajas, como es sabido; se introduce el tubo, y á su alrededor se aloja el algodon, procurando no apretarlo tanto que se produzca su resbalamiento sobre el cristal del tubo: porque siendo éste un poco más corto siempre que la distancia de los codos metálicos que reciben sus extremidades, podria correrse el algodon al fondo, entre los codos y extremos del tubo, y la obturacion quedaria deshecha.

En cuanto á las estopas de la caja correspondiente á la varilla del regulador, claro está que no podrán renovarse miéntras haya vapor en la caldera, pues que la cúpula no puede incomunicarse con ella, como sucede con el cilindro y caja de distribucion. La renovacion tiene lugar cuando la máquina entra en el depósito, cada diez, trece ó más dias, segun la duracion que se asigne á los turnos de servicio: de

todos modos, no es indispensable una frecuente renovacion, porque los casquillos se conservan mejor, á causa de que los rozamientos con la varilla del regulador son mucho ménos enérgicos y contínuos que los sufridos por los vástagos de émbolo y varillas de distribuidores.

Todas las estopas han de ser lubrificadas, pero especialmente las de la varilla del regulador, para que sus movimientos, por medio de la palanca, sean suaves y pueda abrirse y cerrarse paulatinamente. Cuando las trenzas se endurecen, los movimientos son duros si no hay engrase.

Al abrir el regulador para poner en marcha la locomotora, habrá que ejercer un violento esfuerzo en la palanca, descubriendo tal vez demasiado las lumbreras: se admite, entónces, demasiado vapor, y la brusca traccion inicial que resulta, rompe los enganches en algunas ocasiones; y en otras, si la abertura del regulador ha de ser excesiva el esfuerzo de traccion supera á la adherencia y las ruedas motrices patinan.

El prensa-estopas de la varilla del regulador tiene generalmente un pequeño taladro, hasta la guarnicion, que hace de aceitero (*m*, figura 14, lámina 34): si no existe, puede operarse la lubrificacion envolviendo la varilla, en la parte próxima á la caja, con trapos ó cáñamo empapados en aceite: la varilla lo toma, y en su movimiento rectilíneo alternativo lo trasmite á las guarniciones. Igual medio se pone en práctica para toda clase de estoperas desprovistas de engrasador.

En algunas máquinas de vapor se sustituyen las trenzas de cáñamo por rodajas de caoutchouc volcanizado, que, segun parece, resiste tan bien como el cáñamo las temperaturas elevadas; pero es más general el empleo de esta última materia. El aceite disuelve con rapidez el caoutchouc; debe, por lo tanto, proscribirse el empleo del primero, en caso de utilizarse el segundo; y desechar éste, cuando haya que te-

mer derrames de aquél, procedentes del engrasado de las piezas próximas.

4. Discos metálicos.—Achácase á las trenzas de cáñamo defectos no despreciables. Se secan y endurecen con el calor, y resisten difícilmente la temperatura de 200°: como es necesario que estén muy apretadas para obtener la impermeabilidad deseada, ejercen presiones grandes sobre las varillas, que se traducen en rozamientos enérgicos en el movimiento, y, por lo tanto, pérdidas de fuerza de traccion, si se trata de las estoperas de los cilindros y cajas de distribucion.

Con esperanzas de mejor éxito, se ha sustituido, en muchas máquinas de vapor, las trenzas de cáñamo por rodajas ó discos metálicos, cilíndricos ó cónicos, cortados segun una generatriz, para que envolviendo á la varilla puedan adaptarse á ella bajo la accion de una prensa análoga á las de las cajas de estopa.

Los partidarios de este nuevo sistema, en uso hace algunos años en várias líneas férreas extranjeras, al compararlo con el ordinario de cáñamo, le encuentran más suavidad para el deslizamiento de los vástagos, que resultan al propio tiempo mejor guiados; economía notable, y obturacion más perfecta. Aunque no se ha generalizado su empleo en España, describimos á continuacion dos de sus tipos, para dar siquiera sea una idea de su organizacion.

Son *A* (figura 1, lámina 35), unas redondelas de laton, que pueden resistir elevadas temperaturas, cuyo conjunto forma un tronco de cono, estando aserradas segun una generatriz, y mantenidas en su sitio por el anillo *B*, á quien oprime el resorte *C*; *F* es la caja y *D* la prensa.

La figura 2 pone de manifiesto un tipo empleado por los ingenieros navales franceses. Se compone de platillos tronco-cónicos *A*, de un metal llamado *antifriccion*, elástico é primemeable. En *B* se colocan segmentos de caoutchouc,

entre los platillos y paredes de la caja; de este modo, como no toca á la varilla ó vástago, no sufre rozamiento alguno, y dura muchos meses y áun años.

Los discos pueden ser de acero, bronce ó fundicion dulce, compacta. Los primeros suelen arañar las varillas; el bronce se desgasta fácilmente: prefiérese, por muchos ingenieros, la fundicion.

Al armar una estopera metálica, debe procurarse no oprimir demasiado los discos con la prensa, contando con que el calor los ha de dilatar y unir á la varilla. Hasta las veinte ó treinta horas de servicio no verifican la obturacion perfecta; el maquinista no ha de alarmarse, pues, por los pequeños escapes de vapor que en un principio observe, á no ser que vayan en progresivo aumento.

La instalacion de las rodajas requiere un esmero y cuidado minuciosos; pero una vez armada la estopera, dura mucho tiempo, sin exigir visitas ni reparaciones.

5. Guarnecido de las juntas.—Hay en la locomotora muchas uniones de piezas: tales son las de los cilindros y cajas de distribucion con sus tapaderas; la cúpula con el cuerpo cilíndrico de la caldera; los agujeros de limpieza de la caja exterior de fuego con sus planchuelas, etc.: todas ellas han de ser impermeables, y al efecto se toman precauciones diversas.

Si las uniones tienen carácter permanente, como sucede con los tubos de toma de vapor y escape, tapas posteriores de los cilindros, etc., puede emplearse el plomo ó azufre fundido, ó mastics especiales que, blandos á la temperatura ordinaria, se endurecen con el calor. Pero en las piezas que han de ser desmontadas con alguna frecuencia, tales como las tapas anteriores de los cilindros y cajas de distribucion, cúpula, etc., se hace uso de otras materias que permitan una fácil desunion. Las más comunmente empleadas son:

1.° El caoutchouc natural ó volcanizado, en discos de 5

á 10 milímetros de espesor, siempre que no haya de soportar temperaturas muy elevadas, ni se encuentren á la inmediacion engrasadores, que los destruirian.

2.° El cuero, carton, ó plomo en hojas, cuando la temperatura y presion no son excesivas, y sobre todo cuando las superficies de union están perfectamente labradas.

3.° Cáñamo y mínio.

El tercer medio es el adoptado casi exclusivamente en las líneas españolas. Se emplea cuerda ó bramante, como el de la estopera del Giffard, que se arrolla contorneando la abertura que hay que tapar, despues de extendida una capa de mínio: apretando luego fuertemente la tapadera con las tuercas de las bridas de union, resulta ésta completa.

En los agujeros de limpieza que están situados en los ángulos inferiores de la caja exterior de fuego, se coloca generalmente cáñamo ensebado, tan sólo, arrollado á los tapones de las planchuelas.

Los maquinistas de viajeros de la línea del Mediodía de España, tienen una dotacion (*) mensual de 3 kilógramos de buen cáñamo para las cajas de estopa y guarnecido de juntas.

ARTÍCULO SEGUNDO.

ENGRASADO.

6. Rozamiento de resbaladura.—Por la imperfecta lisura é incompleta dureza de los cuerpos, se engendra, al resbalar uno sobre otro, ó dentro de otro, el rozamiento y sus perniciosas consecuencias. El rozamiento resbalando (conocido con el nombre impropio á todas luces de *adherencia*)

(*) *Alocacion*, dicen los maquinistas, de la palabra francesa *Allocation*.

que dijimos ser el agente del movimiento de traslacion de la máquina, está muy léjos de proporcionar en todas sus partes los mismos brillantes servicios.

Los movimientos de la corredera del vástago del émbolo en las paralelas; de los distribuidores sobre las tablas de las lumbreras; de las manguetas de ejes y muñones dentro de los cojinetes respectivos; del émbolo en el interior del cilindro; aros de las excéntricas; varillas en sus estoperas, etc., etc., engendran rozamientos. Examinando los movimientos cinemáticos de los órganos citados, se vé fácilmente que los rozamientos de que se ha hecho mencion son otras tantas fuerzas pasivas que actúan sobre la circunferencia de las ruedas motrices, contrarestando la accion motora del vapor sobre el émbolo.

Pero los inconvenientes de los rozamientos no se limitan á la disminucion del esfuerzo tractor: por la imperfecta y desigual dureza de los metales, las piezas se desgastan, creándose holguras, y con ellas choques en el movimiento, capaces en algunos casos de ocasionar la fractura de órganos importantes. Las holguras, pues, no sólo son de temer por la destruccion gradual de las piezas, que obligan á renovaciones más ó ménos dispendiosas, sino tambien por los graves accidentes á que pueden dar lugar.

Por último: con el rozamiento se eleva la temperatura; los metales llegan á enrojecerse, disminuyen de resistencia al aumentar en ductibilidad, y se rompen, ó destruyen rápidamente: este accidente es de gravedad suma cuando ocurre en las manguetas de los ejes ó en las muñequillas ó codos del eje motor.

Resumiendo: los rozamientos de que hablamos afectan á la intensidad del esfuerzo de traccion y á la conservacion de la máquina y tren que arrastra.

Ya que el mal sea inevitable, pues que inevitables son las causas que lo producen, fuerza es tratar de atenuarlo;

pero antes de indicar los medios, conviene enumerar las principales circunstancias que influyen en su energía.

El rozamiento es proporcional á la presion de las superficies en contacto é independiente de la extension de estas superficies y de la velocidad. La relacion entre el rozamiento (fuerza pasiva) y la presion, es lo que se llama *coeficiente de rozamiento.*

En los cuerpos en contacto, se verifica un engranaje entre las pequeñas asperidades de las caras que se tocan, invisibles á veces, pero cuya existencia es indudable. Cuando el pulimento de dichas superficies aumente, el rozamiento disminuirá, á igualdad de las demás circunstancias.

Si la temperatura es muy elevada, las caras en contacto se dilatan y oprimen, aumentándose, con la presion, el rozamiento.

Despues de un reposo prolongado, el rozamiento aumenta.

Segun la naturaleza de la materia, el rozamiento es distinto para presiones y velocidades iguales; ó lo que es lo mismo, el coeficiente de rozamiento varía con la clase de cuerpos.

La proporcionalidad del rozamiento á la presion, independientemente de la velocidad, comprobada para cuando esta última no excede de 5 metros por segundo, ¿se verifica igualmente para velocidades superiores? Algunos hombres de ciencia se permiten dudar; y las experiencias de Mr. Poirèe, en la vía férrea de Lyon, conducen á resultados que modifican la ley citada en la siguiente forma:

«Para velocidades superiores á 4 metros por segundo, el rozamiento resbalando crece con la presion, pero más débilmente que lo que corresponderia á la proporcionalidad admitida hasta aquí.

»Disminuye tambien el rozamiento cuando la velocidad aumenta.»

Ni está en nuestra mano hacer otra cosa que enunciar la

duda, ni cumple á nuestro propósito detenernos en más detalles, limitándonos á recordar las principales causas que influyen en la energía del rozamiento de resbaladura.

7. Engrases.—El medio aceptado para prevenir los graves defectos que se han dejado señalados, es interponer, en el contacto, sustancias grasas que, disminuyendo considerablemente la intensidad del rozamiento, hacen menores las resistencias pasivas y el aumento de temperatura con todas sus perniciosas consecuencias.

«Engrasar es economizar la máquina y el combustible.»

Sin engrases no es posible que una máquina funcione en condiciones de seguridad y economía aceptables. Basta, para comprender su importancia, la exposicion de los datos prácticos que siguen. El coeficiente de rozamiento de resbalamiento de hierro sobre madera de encina, en direccion de las fibras y sin engrase, es de 0,62; y con él, de 0,07 á 0,08. De modo que si se trata de una presion de 1000 kilógramos, por ejemplo, en las superficies en contacto, el rozamiento absorberá en el primer caso 620 kilógramos de fuerza activa, y en el segundo solamente 70 ú 80. Para que el engrase sea posible es preciso que la presion, en el contacto, no sea excesiva, pues de lo contrario la materia lubrificante no puede introducirse entre las superficies; y si penetra es esprimida y arrojada. Esta dificultad se salva, en la construccion de las máquinas, aumentando la superficie de rozamiento para un peso total dado de modo que la presion relativa, es decir, la que actúa sobre la unidad de superficie, no rebase el límite asignado por la práctica y que está comprendido entre 25 y 30 kilógramos por centímetro cuadrado. En un cojinete, por ejemplo, el área de la mangueta se proporciona al peso que soporta.

8. Materias lubrificantes.—Las materias empleadas en la lubrificacion, son líquidas, como el aceite y el agua, ó sólidas á la temperatura ordinaria.

Las condiciones que todo líquido, destinado al engrasado, ha de cumplir, son:

1.ª *Untuosidad:* es decir, grande cohesion molecular que permita extenderlo en capas contínuas de muy pequeño espesor.

Así podrá introducirse y establecerse en el claro, de débil separacion, que media entre las superficies de contacto sometidas al engrasado.

2.ª *Neutralidad*: pues que ha de estar en contínuo contacto con cuerpos metálicos, necesario se hace que no ejerza accion perjudicial alguna sobre ellos. Su composicion química ha de ser tal, que no ataque á los metales que lubrifica.

3.ª *Inalterabilidad:* esta condicion es el complemento de las dos anteriores. Satisfaciéndola, no hay temor de que se pierdan éstas. Hay líquidos lubrificantes que al descomponerse pierden la *untuosidad* y la *neutralidad.*

En la misma tercera condicion que nos ocupa puede suponerse comprendida la de *no inflamabilidad*, cuya importancia fácilmente se concibe atendiendo á las elevadas temperaturas que en las máquinas de vapor pueden alcanzar las materias engrasadoras.

El agua pura no posée en grado elevado la *untuosidad*, sobre todo si se emplea en cantidad grande, á causa de su notoria movilidad molecular.

En comprobacion de este aserto, recordarémos que el coeficiente de adherencia es próximamente el mismo, ya estén secos los carriles ó bien mojados por fuerte lluvia (*). En cambio, dicho coeficiente experimentaba notable disminucion en tiempo de niebla ó lluvia fria, épocas de más frecuentes patinajes. La accion lubrificante del agua en pequeña cantidad, en vapor acuoso, se explica por lo que tiene

(*) Primera parte, capítulo VIII, artículo primero, párrafo 257.

lugar en la práctica con los distribuidores, al moverse rozando las tablas de las lumbreras. No padecen ellos, ni rayan ni arañan la superficie de éstas, áun cuando no se engrasen; y el resultado se achaca muy fundadamente al vapor, siempre algo húmedo: no sucede lo mismo si se emplea vapor seco.

Tampoco goza el agua de la condicion de inalterabilidad: fácilmente se evapora y deja en seco las superficies que ha de lubrificar; á no ser que se renueve de un modo contínuo, como sucede en los casos ántes enunciados.

En el engrasado pueden emplearse aceites orgánicos (animales ó vegetales) é inorgánicos ó minerales.

Entre los aceites orgánicos empléanse el aceite de *olivas*, de *pezuña de buey*, de *palma*, de *nueces*, ó de semillas, como el de *colza*, *naveta*, *cacahuet*, etc., etc.

Entre los orgánicos se ha empleado y emplean los *aceites de esquistos*, procedentes de la destilacion de piedras esquistosas en aparatos cerrados y á temperaturas muy elevadas; el *petróleo bruto* de América, etc.

Los aceites animales y vegetales poséen en alto grado la untuosidad, y en el suficiente la neutralidad: los tres principios inmediatos de que constan, estearato, oleato y margarato de glicerina, son neutros, y sólo tienen reaccion ácida cuando están mezclados con materias extrañas fáciles de separar. No puede decirse lo mismo con respecto á la *inalterabilidad*. En plazo más ó ménos lejano, los aceites, en contacto del aire, se alteran, se oxidan y adquieren acidez que ataca los metales que lubrifican.

La accion oxidante se manifiesta de distinto modo en los aceites.

En los de nueces, y todos los *secantes*, la alteracion es muy activa; se espesan y convierten en materia pegajosa, sobre todo cuando se les agrega el polvo ó limaduras desprendidas por los cuerpos que se rozan: la dificultad de mo-

vimientos, y por consecuencia el gasto de combustible, aumentan considerablemente.

En el aceite de oliva la oxidacion es más lenta, aunque no tanto como fuera de desear; pero los ácidos grasos que se forman son fluidos, y producen una accion corrosiva contínua sobre las superficies metálicas.

El aceite de colza y el de cacahuet resisten por más tiempo á la alteracion.

Los aceites minerales poséen la neutralidad é inalterabilidad en grado mucho mayor que los vegetales y animales, sobre todo si están purificados; pero en cambio son mucho ménos untuosos, é impropios, por lo tanto, para la lubrificacion en cuerpos sujetos á grandes presiones; y en todos casos, son de fácil y peligrosa inflamabilidad.

Las grasas, empleadas en la lubrificacion, se obtienen por la saponificacion de los aceites ó grasas naturales. La saponificacion puede hacerse por la cal, como en la antigua grasa Serbat, ó por la sosa. Más general es este último medio: para fabricar la grasa, se disuelve en agua la sal de sosa, en un recipiente adecuado; aparte se funde sebo de carnero, caballo, etc., y grasa vieja, mezclando el todo con aceite de palma ó colza, haciendo hervir esta mezcla por breves instantes; se deja enfriar, y antes de que se solidifique se vierte lentamente, á través de un tamiz si es preciso, sobre la disolucion de sal sosa, agitando la mezcla sin cesar hasta que se encuentre en el estado pastoso.

Entre las innumerables recetas que han aparecido, trasladamos la siguiente:

Sebo.	28,00	partes (en peso).
Aceite de palma. . . .	9,30	
Idem de colza.	5,00	
Sal sosa..	2,00	
Grasa vieja..	5,70	
Agua.	50,00	
	100,00	

Las proporciones de los componentes suelen ser distintas, del invierno al verano, con objeto de variar el punto de fusion de la grasa, para que resista la temperatura del aire ambiente sin liquidarse.

Las grasas se colocan en receptáculos situados en la parte superior de la pieza que se va á lubrificar, con la cual comunican por medio de un agujero, de cuyo extremo, próximo á las superficies que se rozan, parten várias pequeñas canales ó *patas de araña*. El calor engendrado en el rozamiento funde la grasa, derramándose por las superficies en contacto, enfriándolas y lubrificándolas.

9. Eleccion de la materia lubrificante.—Bajo el punto de vista de su eficacia para disminuir el coeficiente de rozamiento, no es grande la diferencia entre las grasas y los aceites: algunas experiencias parecen dar la preferencia á estos últimos.

La eleccion depende tambien de la forma y disposicion de las piezas que hay que engrasar.

En una máquina, por ejemplo, es mucho más fácil hacer el engrasado con sustancias líquidas, en los cilindros, paralelas, articulaciones, etc.

Generalmente se emplean las grasas en la lubrificacion de las manguetas de ejes de los wagones y tenders. En la máquina se les dá otra aplicacion: el engrasado de las trenzas de cáñamo para las estoperas.

Achácase á las grasas el defecto de no funcionar hasta que las piezas se calientan: en cambio se pierde ménos materia lubrificante que con los aceites, pues su estado sólido les permite acomodarse perfectamente en las cajas, y no son fácilmente expulsadas por los choques y trepidaciones. Por medio de los aceites, el engrasado es contínuo, segun verémos, pero se pierde más materia.

De todos los aceites es preferido el de oliva, porque á igualdad de precio reune mejores condiciones lubrificantes.

Es verdad que llega á tomar cierta acidez, pero no dentro de los límites ordinarios de renovacion, que es siempre necesaria, porque el polvo y limaduras formarian de lo contrario una masa viscosa, que, lejos de engrasar, aumentaria la adherencia y rozamiento de las piezas móviles.

Sin embargo: el aceite de oliva presenta variedades en su calidad, bajo el punto de vista lubrificante. Para que sea bueno debe ser claro, sin dejar depósitos; muy untuoso; no debe secarse en mucho tiempo expuesto al aire y libre de polvo. Este ensayo es casi concluyente: si se seca á los pocos dias de exposicion, habrá que desecharle.

10. Modo de efectuar la lubrificacion.—Para efectuar la lubrificacion con grasa sirven las cajas de grasa; y para el aceite, los *oidos*, *tacillas* y *grifos lubrificadores*, sencillos ó dobles: todos ellos se conocen con el nombre de *aceiteros* ó *engrasadores*: su aplicacion á las diversas piezas de la máquina varía con la clase de servicio que éstas prestan.

Las piezas á cuyo engrase hay que dar más importancia, son aquellas cuyos desplazamientos y velocidad en el movimiento sean mayores, ó más considerable la presion en el contacto. En una palabra: las sometidas á grandes rozamientos.

En este caso se hallan: los cilindros; los émbolos, sus vástagos, la corredera de los extremos y las paralelas; los distribuidores y sus varillas y guias correspondientes; cojinetes de las bielas motrices y de acoplamiento; guarniciones de los collares de excéntricas, y manguetas de los ejes.

Otras partes más secundarias, pero cuya lubrificacion no hay que descuidar, sin embargo, son: la corredera del regulador; las articulaciones, en general, tales como las del sector de Stephenson, las varillas de los grifos purgadores, del regulador, del ventilador, de los frenos, de la válvula de escape y la palanca de cambio de marcha.

Las articulaciones del sector llevan oidos para el engra-

se, que son agujeros ó taladros tronco-cónicos (figura 18, lámina 34), con la base mayor en la parte superior, formando una especie de embudo pequeño, en donde tan sólo caben unas gotas de aceite; pero no pueden hacerse mayores, por no debilitar las piezas. Tampoco se hace necesario otro aparato de más cabida, en vista de la pequeña amplitud de las oscilaciones, en el movimiento; y el reducido volúmen del aceitero se compensa con la frecuencia de las lubrificaciones.

Las paralelas, guias de las varillas de distribuidores, cojinetes de las bielas motrices y de acoplamiento, tienen tacillas, unas veces postizas, como sucede en las paralelas (figura 1, lámina 14; figura 17, lámina 34, y figura 16, lámina 7), otras veces fundidas con las piezas (figura 2 de las 17, lámina 34), como en los cojinetes de bielas y manguetas de los ejes (figura 19, lámina 13). Estas tacillas forman un depósito, de cuyo fondo nace un pequeño tubo que desciende por la parte inferior hasta llegar á las superficies frotantes, terminando en patas de araña.

En el tubo se introduce una torcida de algodon hilado (figura 17 segunda, lámina 34), empapada en aceite, preliminarmente, y de suficiente longitud, para que por el cabo inferior llegue á las inmediaciones de las superficies de rozamiento, y por el superior se introduzca en el depósito, sumergiéndose en el aceite. En virtud del fenómeno de la capilaridad, el aceite, siguiendo las hebras de la torcida, cae en las caras de contacto que hay que engrasar: hace, pues, las veces de sifon, y la lubrificacion es contínua.

Las tacillas deben ser de suficiente cabida, sobre todo si están situadas en parajes ocultos ó de difícil acceso, para que no haya necesidad de llenarlas á menudo.

Los grifos lubrificadores se componen de un vaso de bronce, con una llave (*B*, figura 6, lámina 7), ó dos (figuras 12 y 13); sirven para introducir el aceite en espacios cerra-

dos donde obre el vapor; así es que se aplican al engrasado de los cilindros, cajas de distribucion y corredera del regulador. Preferibles son los grifos lubrificadores de doble llave (figuras 12 y 13), porque libran al fogonero de accidentes graves. En efecto: con una sola llave, se pone inmediatamente en comunicacion con el exterior la cámara de vapor: si se trata de un cilindro, por ejemplo, y un descuido ó mala intencion hace abrir el regulador en el momento del engrase, el aceite es proyectado por el vapor sobre el fogonero. Con las dobles llaves, este accidente no puede ocurrir: cerrada la llave inferior y abierta la superior, se vierte el aceite, que así queda alojado en el vaso; cerrando despues la superior y abriendo la inferior, el aceite penetra en la cavidad.

Claramente se vé que los grifos de doble llave son indispensables para el engrase de la corredera del regulador, pues que la cúpula está en comunicacion constante con la caldera, y en todos los casos análogos. En los cilindros, cajas de distribucion, y cualquiera otra capacidad que pueda aislarse de la caldera, el engrase es posible con grifos de una sola llave, cerrando la comunicacion con ella, y abriendo, por precaucion, los grifos de purga preliminarmente. De todos modos, se aplican tambien á estos casos los de dos llaves, por las razones emitidas en las anteriores líneas.

El engrasado, con los grifos lubrificadores, no es contínuo, sino intermitente.

En cuanto á las varillas de los grifos purgadores, de la válvula de escape, rejilla móvil, etc., no llevan, por su pequeña dimension trasversal, ni oidos siquiera en las articulaciones. Basta derramar en ellas algunas gotas de aceite, haciéndolas funcionar de seguida, para que penetre bien.

Pasemos á la práctica del engrasado. El fogonero, á cuyo cuidado se dejan comunmente los engrases, tiene un bote grande ó zafra de unos 15 kilógramos próximamente de cabida, y de forma conveniente (figura 16, lámina 34), para

que el aceite no se escape en los choques y trepidaciones. Este bote, que casi siempre va sobre la plataforma del maquinista, ó en las arquillas, le sirve de depósito; y para hacer el engrasado, tiene una aceitera, de pico largo (figura 15), con objeto de que pueda penetrar en todos los rincones, y eche el aceite en su sitio desde pequeña altura, para que no se desperdicie.

Antes de comenzar su tarea, al principio de cada viaje, debe lavar las superficies de rozamiento en que esta operacion sea posible, como, por ejemplo, las paralelas, quitando la masilla que forma el aceite viejo con el polvo: igual atencion dedicará á los oidos de las articulaciones y canutos de las tacillas, que pudieran hallarse obstruidos por igual causa, limpiándolos con un alambre grueso, y separando los cuerpos extraños obturadores. Desde luego se comprenderá la importancia de esta operacion; pues si están atorados los conductos, de poco servirá que los aceiteros estén llenos.

Reconocerá las torcidas de las tacillas, renovando aquellas que estén ennegrecidas ó llenas de polvo, que puede llegar á impedir el paso del aceite. Las torcidas no han de ser, ni tan gruesas que resulten apretadas en su alojamiento, porque se dificultaria la circulacion del aceite, ni muy delgadas: las hebras que la componen no han de torcerse, por igual motivo, y su longitud se ha de proporcionar á la del agujero, para que nunca toquen á las superficies en contacto que lubrifica, pues de lo contrario, las arrancarian y arrastrarian, obrando como un laminador, con grave perjuicio para la conservacion de aquellas.

Para introducir y mantener en su sitio á las torcidas se las arrolla á un pequeño trozo de alambre (figura 17, segunda, lámina 34), doblado por su extremo superior en forma de gancho, apoyándose en el borde del tubo.

El polvo es sumamente perjudicial para la vida de las máquinas, por los rozamientos enérgicos que produce cuan-

do se introduce entre superficies en contacto, rayándolas, destruyéndolas y neutralizando, y aún anulando, el efecto de los engrases. En doble traccion, la segunda locomotora sufre mucho más que la primera por este concepto, como que recoge el polvo que ésta levanta: si va en cola de tren, más todavía.

Para evitar los perniciosos efectos del polvo, que acabamos de señalar, todas las tacillas tienen su tapadera, y cuando no la hay se pone un tapon de corcho.

Las torcidas son un preservativo del mal, porque detienen los granos de arena y cuerpos extraños, arrastrados por el aceite, pero se ensucian pronto y hay que renovarlas.

En las paralelas es muy difícil evitar la introduccion de granos de arena, entre ellas y la corredera, á no ser por un ajuste muy perfecto de estas piezas. En los vástagos de émbolo y varillas de distribuidores hay un modo de evitar que pase el polvo á los casquillos: basta colocar por el exterior, junto al prensa-estopas, trapos ó esponjas, que lo quitan en el movimiento rectilíneo alternativo.

Despues de haber limpiado los aceiteros, y renovado las torcidas si están súcias, los llenará de aceite, tapando en seguida.

El engrase de las articulaciones y uniones de las piezas debe hacerse momentos antes de la partida, para que el aceite se reparta bien con el movimiento. Al practicar el engrase, el fogonero moverá la máquina adelante ó atrás, si está parada, segun le convenga, á fin de que los órganos de trasmision de movimiento queden en disposicion adecuada para recibir el aceite.

Tambien engrasará los cilindros, antes de emprender la marcha.

Para no dejar de lubrificar ninguna pieza, seguirá un cierto órden, que conservará al hacer todos los engrases; por ejemplo, engrasará separadamente cada cilindro, con

todas las piezas cuyos movimientos dependen de él, de menor á mayor (en volúmen) ó inversamente, y procurando retener en la memoria la numeracion de órden que haya establecido.

Si el engrasado se ha de efectuar en marcha, tendrá cuidado de mantenerse en las plataformas laterales, bien agarrado á los pasamanos; y al introducir el brazo con la aceitera debajo de la caldera ó en los sitios necesarios, evitará ser alcanzado por las ruedas ó piezas en movimiento.

Generalmente el engrase general se hace cuando la máquina está parada, despues de trayectos de 40 á 50 kilómetros: exceptúanse de esta regla los cilindros y cajas de distribucion, que se lubrifican, comunmente, cada dos estaciones.

Se conoce que los cilindros necesitan engrase, no sólo por la dureza del movimiento y mayor gasto de vapor, sino tambien por un ruido sordo que se percibe muy distintamente. Se dice entónces que los cilindros *roncan.*

Para efectuar el engrasado de los cilindros, es preciso que no haya en ellos vapor, y que los émbolos estén en movimiento, para que repartan el aceite vertido. Por esto se hace el engrase en marcha, 600 ú 800 metros antes de llegar á una estacion, cuando el regulador está cerrado, y la máquina se mueve por la velocidad adquirida.

Aún cuando mucha parte del aceite que se echa en los cilindros se desperdicia, saliendo por los grifos purgadores cuando se abren ó por la chimenea cuando se dá entrada al vapor, sin embargo, ya se deba á la temperatura elevada del cilindro, cuando entra el aceite, ó á otra causa cualquiera, las paredes quedan tapizadas de una pequeña cantidad de grasa, cuya presencia se reconoce apenas tocando con el dedo, pero que es suficiente para el objeto.

Generalmente, las cajas de distribucion no llevan aceitero: otras veces sí lo tienen, pero no los cilindros, y éstos re-

sultan engrasados por el aceite que arrastra el vapor. La dotacion de aceite, en las líneas de España, es variable.

11. Modo de conocer la falta de engrases.—Cuando falta la materia lubrificante, ya por no haberla en el aceitero, ya por estar obstruidos los conductos, se eleva la temperatura de las piezas, que se ennegrecen; el aceite próximo se recalienta y áun á veces hierve y despide un olor penetrante, que es difícil confundir con cualquier otro: si el accidente ocurre en los ejes (caso muy frecuente), ó en los cojinetes de las bielas, se oye un chirrido característico: por último, el maquinista lo conoce por la dureza de movimientos, que se traduce en la de las trepidaciones de la plataforma sobre que va de pié.

Ante estos indicios debe disminuir la velocidad de la máquina, y detenerse si el accidente es grave; rociar repetidas veces con agua limpia, lo más fria posible, la parte calentada, hasta que las piezas estén tibias, no más; quitar despues con un trapo el agua que haya quedado en el aceitero, reconocer si los conductos están obstruidos, y si lo están limpiarlos; renovar las mechas, y llenar la tacilla con mezcla de sebo, grasa de wagon y aceite: si la elevacion de temperatura continúa, se renueva la mezcla, añadiendo un poco de sal sosa.

En todos casos la máquina ha de ponerse en movimiento de nuevo, lentamente, con aumentos graduales, no muy grandes, de velocidad, hasta adquirir la ordinaria de marcha.

CAPÍTULO II.

COMBUSTION.

12. De la combustion en general.—Se dá el nombre de combustion á la combinacion de cualquier cuerpo con el oxígeno. Hay un gran número de cuerpos, sólidos, líquidos y gaseosos, que son susceptibles de combinarse con el oxígeno: á estos cuerpos se les llama combustibles: de esta combinacion resulta, en la mayor parte de los casos, no en todos, una cierta cantidad de calor que llega á ser de grande intensidad en algunos cuerpos.

El cuerpo combustible puede ser simple ó compuesto; y

en este último caso puede estar compuesto de cuerpos simples, que sean todos combustibles, ó que sólo lo sean alguno ó vários de ellos.

Los cuerpos que resultan de la combinacion se llaman *productos de la combustion*, y pueden ser sólidos, líquidos ó gaseosos. Los elementos no combustibles, ya sean sólidos, líquidos ó gaseosos, reciben el nombre de *resíduos*. Cuando los productos de la combustion son gaseosos, sólo quedan los resíduos sólidos ó líquidos; y en cuanto á los primeros, puede suceder que sean refractarios ó no al calor que se desarrolla en la combustion: si no son refractarios, se fundirán, y aún podrá suceder que, merced á esta temperatura, algunos cuerpos de los resíduos se combinen dando lugar á compuestos más ó ménos fusibles.

Los resíduos, es decir, la cantidad de cuerpos no combustibles que encierra el cuerpo que sufre el fenómeno, es lo que constituye su impureza, bajo el punto de vista de la combustion. Si el combustible es puro, los productos de la combustion son, en peso, mayores que el cuerpo combustible; y á no ser muy impuro, sucederá siempre lo mismo.

La combinacion del oxígeno con los cuerpos combustibles no se verifica á todas las temperaturas: hay cuerpos combustibles que entran en combustion á la temperatura ordinaria; otros la exigen muy elevada.

Además: como muchos cuerpos tienen diversas combinaciones con el oxígeno, hasta llegar al compuesto más oxigenado, se deduce que la combustion puede ser variable y variables sus productos.

Se llama *combustion completa*, cuando se forma con todo el combustible el compuesto más oxigenado; y *combustion incompleta*, en el caso contrario.

El oxígeno necesario á la combustion puede suministrarse al cuerpo combustible de vários modos: bien puro, en el estado gaseoso que le es propio, ó bien en combinacion ó

mezcla con otros cuerpos, y por lo tanto, presentándose en estado líquido, sólido ó gaseoso, pero con la condicion de poderse separar fácilmente de su combinacion primitiva para efectuar la nueva y principal combustion.

En la práctica, y sobre todo en lo que á la industria se refiere, se llama propiamente combustion á la combinacion de los cuerpos con el oxígeno del aire, que, como es sabido, se compone de la mezcla de aquel cuerpo con el ázoe, en la proporcion de una parte (en volúmen) del primero por cada cuatro del segundo. (Prescindirémos de la pequeña cantidad de ácido carbónico.)

En algunos cuerpos la combustion no continúa hasta la completa trasformacion del combustible en productos y resíduos: tal sucede con una barra de hierro incandescente que expuesta al aire se oxida, y la cascarilla de óxido impide la renovacion de contacto con aquél para la continuacion de la oxidacion ó combustion. En otros cuerpos la temperatura que se desarrolla en la combustion es inferior á la necesaria para la continuacion de ésta, así es que nunca llega al fin.

13. Combustibles.—Se llaman propiamente *combustibles* los cuerpos cuya combustion se efectúa, expuestos al aire, por el oxígeno de éste, continuándose despues con facilidad.

Los combustibles empleados por la industria se dividen en *naturales* y *artificiales*. Forman el primer grupo la madera y sus derivados, *turba*, *madera fósil*, *lignitos*, *hullas*, *antracitas*, etc. Los combustibles artificiales pueden provenir de los vegetales, como el carbon de leña, ó de los minerales, como el carbon de turba, cok, combustibles gaseosos, aglomerados, etc.

14. Condiciones que ha de reunir un buen combustible.—Los combustibles empleados en los hogares de las locomotoras han de reunir las siguiente condiciones;

1.ª Que desarrollen gran cantidad de calor en la combustion.

2.ª Que sean baratos y abundantes.

3.ª Que sean de fácil combustion.

4.ª Que sus productos y resíduos no ejerzan accion perjudicial sobre los metales de la superficie de calefaccion, ni den al aire vapores ni gases nocivos.

15. Hulla.—El combustible generalmente empleado en las locomotoras es la hulla: esta razon justifica la preferencia que le concedemos sobre todos los demás en el presente capítulo.

Las hullas provienen de la descomposicion de vegetaciones antiquísimas, sepultadas en la costra terrestre á consecuencia de los desquiciamientos que produjo en ésta la enorme presion de los gases interiores. Como resultado de la descomposicion se desprendieron gases en abundancia, principalmente oxígeno é hidrógeno, quedando un resíduo fijo, la hulla ó carbon fósil, muy rico en carbono.

16. Caractéres.—Preséntanse las hullas en filones de espesores variables: no se consideran como explotables hasta $0^m,50$ de espesor, y llegan á alcanzar 3 metros y aún más.

Ya esquistosas, ya compactas, su color es pardo negruzco ó completamente negro, generalmente con brillo vítreo é irisacion; algunas veces, aunque pocas, mate.

Su constitucion química es variable, áun para trozos sacados de un mismo filon: se puede, sin embargo, considerar como composicion media, la siguiente:

Carbono.	Hidrógeno	Oxígeno.	Azoe.	Azufre.	Cenizas.
79,3	4,8	7,8	0,8	1,7	5,55

Repetimos que únicamente á título de término medio son aceptables las cifras precedentes: en lo que respecta á la proporcion de cenizas, por ejemplo, se encuentran variantes del 1 al 20 y al 30 por 100.

17. Impurezas de la hulla.—La hulla es, pues, un combustible compuesto de cuerpos simples combustibles, como el carbono y el hidrógeno, y cuerpos que no lo son, gaseosos y sólidos.

La presencia de los cuerpos sólidos no combustibles puede provenir:

a. De la impureza propia de la huella, que contiene materias terrosas íntimamente ligadas con la materia combustible.

b. De capas extrañas, principalmente esquistosas, que en forma de venas envuelven la hulla pura y se mezclan con ella al arrancarla.

Las cenizas, cualquiera que sea su procedencia, son sumamente perjudiciales; no tan sólo por aumentar, en pura pérdida, el peso y precio, sino tambien por las dificultades que introducen en la marcha de la combustion, como más adelante verémos.

Entre los cuerpos extraños que contiene la hulla, los más nocivos, sin duda alguna, son las *piritas* (bisulfuro de hierro), que en sus capas ú hojas se interponen en forma de pequeños cristales.

Cuando las hullas están expuestas á la humedad, las piritas se convierten en sulfato de hierro; la expansion que se opera en esta trasformacion rompe y desmenuza las pequeñas capas de hulla, generalmente poco duras; y la temperatura producida en la combinacion química puede llegar á ser suficientemente intensa para determinar la inflamacion de la masa combustible. Este fenómeno enseña lo inconveniente de exponer á la accion de las aguas los depósitos de hulla, ó almacenarla cuando está húmeda.

Los efectos de las piritas, cuando la hulla arde, son tambien sumamente perjudiciales; el azufre se separa del hierro, y al quedar en libertad, una parte se convierte en ácido sulfuroso, y el resto, en presencia de las barras incandescentes

de la rejilla del hogar, forma un monosulfuro fusible de hierro, corroyéndolas.

Las cenizas de hulla contienen generalmente sílice, alúmina, óxido de hierro, carbonatos y sulfatos de cal. Suele suceder que la cal de las cenizas, haciendo las veces de fundente, reduce el óxido de hierro procedente de las piritas, resultando escorias en un grado de fusion variable.

En unos casos las cenizas se reblandecen tan sólo, y se aglutinan formando trozos irregulares ampollosos, sumamente perjudiciales para la combustion, porque tapan el paso del aire por la rejilla del hogar; otras veces, la fusion es más completa; las escorias se liquidan y caen, en forma de perlas, por entre los hierros de la parrilla. Finalmente: hay ocasiones en que, sin liquidarse por completo, toman una consistencia pastosa, adhiriéndose tan fuertemente á la rejilla, que es sumamente difícil arrancarlas.

Como el óxido de hierro que existe en las cenizas y escorias sólo puede provenir de las piritas, de aquí que por el aspecto de las primeras se pueda deducir la proporcion en que entran las segundas. Así es, en efecto, y siendo el óxido de hierro una materia colorante, el color más ó ménos rojizo de las cenizas ó escorias resuelve la duda. Cuando la proporcion de piritas es débil, las cenizas son casi blancas.

Alguna ventaja se obtiene con las escorias: sostienen y permiten, por lo tanto, quemar hullas en estado de menudo, que de otro modo caerian del hogar por los claros de los barrotes de la rejilla.

18. Accion del aire.—Destilacion.—Las hullas expuestas al aire, desprenden gases, principalmente compuestos de carbono, oxígeno é hidrógeno (elementos combustibles): pierden, pues, en peso y en calidad. El desprendimiento gaseoso comienza á la temperatura de 50°; á 100°, la pérdida es considerable, y al calor rojo llega á las proporciones normales.

Sometiendo la hulla á esta última temperatura, en un espacio cerrado (para que, privada del contacto del aire exterior, no se quemen los gases desprendidos), es decir, *destilando la hulla*, se obtiene un resíduo sólido, que es el cok, y productos volátiles, compuestos en su mayor parte de carburos de hidrógeno, y conteniendo, además, óxido de carbono, hidrógeno, hidrógeno sulfurado, sulfuro de carbono, etc.

De estos productos volátiles, unos permanecen en estado gaseoso (gas del alumbrado), y otros, al disminir de temperatura, se liquidan dando aguas amoniacales y *breas*.

19. Accion del fuego.—Aplicando á la hulla la temperatura ántes citada, al aire libre y en contacto con el oxígeno, arderá: la combustion será completa si todo el carbono é hidrógeno se convierten respectivamente en ácido carbónico y agua.

Supongámoslo así. Si el carbono é hidrógeno que contiene el combustible permaneciesen en la masa hasta ser quemados, los trozos de hulla adquiririan un color rojo, más ó ménos vivo, segun la temperatura desarrollada en la combustion, y se desprenderian tan sólo ácido carbónico y agua, en vapor, ámbos invisibles; mas no es así: al adquirir una cierta temperatura se desprenden del combustible los productos gaseosos volátiles ya indicados, principalmente carburos de hidrógeno, y al encontrar el oxígeno que necesitan para su combustion, arden, produciendo la llama. El carbono se quema, pues, parte en estado sólido y parte en estado gaseoso.

Las llamas son más ó ménos largas segun la cantidad de gases combustibles desprendidos de la hulla, pues una llama no es más que el camino recorrido por una capa de gas combustible, desde que empieza á arder hasta que termina la combustion.

Claro es que el desprendimiento del carbono se debe á la

proporcion de hidrógeno, con el cual forma, á temperaturas no elevadas, compuestos gaseosos.

De aquí que la produccion de llamas sea más considerable en las hullas que encierren mayor cantidad de hidrógeno.

El fuego produce otro fenómeno en las hullas.

Hay algunas especies que, al arder, se funden, aglutinándose los trozos para formar otros mayores.

En otras no se opera más que un reblandecimiento, y las hay que, ó no alteran su forma, ó por el contrario, se grietean y esfolian, dividiéndose en muy pequeños trozos. Todavía no se sabe con certeza la causa de la propiedad aglutinante de las hullas: algunos la atribuyen á las proporciones de hidrógeno y oxígeno ó á la relacion de estos cuerpos en la hulla; pero de los ensayos practicados se deduce que la dicha propiedad se encuentra en hullas en que aquellos elementos, y su relacion, varían entre límites muy separados.

20. Clasificacion de las hullas.—Estos fenómenos que acabamos de indicar, han dado lugar á una clasificacion de las hullas por el modo con que verifican su combustion; y áun cuando existen otras várias clasificaciones físicas ó mineralógicas, nos atendrémos á la primera, como más adecuada al uso que de ellas vamos á hacer.

Llámanse *hullas crasas* las que al fuego se funden ó reblandecen; y *hullas secas* las restantes.

Dentro de esta primera division hay las que se refieren á la llama, y son: *hullas crasas* y *duras*, estimadas para la fabricacion del cok, que resulta de muy buena calidad por su densidad.

Se funden algo, aunque no del todo.

Hullas crasas de larga llama, que se emplean en los hornos de reverbero para las operaciones metalúrgicas. Son ménos fundentes que las anteriores, pues no hacen más que aglutinarse. Son las mejores para las parrillas.

Hullas secas de larga llama: arden con llama larga, pero de poca duracion, y no producen un calor tan intenso como las hullas precedentes.

Son buenas para las máquinas de vapor y para todos los usos que no exijan una temperatura muy elevada.

Hullas secas que arden sin llama: arden difícilmente y dan un resíduo pulverulento. Se emplean principalmente para la coccion de ladrillos y cal, y en la economía doméstica.

Las hullas crasas producen más calor que las secas.

Recordando las condiciones exigidas á un combustible para las locomotoras, se verá que de todas las variedades de hulla que acabamos de nombrar, las más aplicables al objeto son: ó las hullas crasas de larga llama ménos aglutinantes, ó las hullas secas de larga llama. En las otras es muy difícil conducir el fuego. Además, las primeras dan menor cantidad de humo y suelen ser más puras.

21. Hullas en el comercio.—Las hullas se expenden en el comercio en trozos más ó ménos gruesos, que la hacen tomar los nombres de *hulla granada*, *medio granada* y *menuda*.

Tienen precios proporcionales al tamaño.

Los menudos de hulla, casi polvo, se obtienen en gran cantidad, y provienen de la poca dureza de la hulla, en la que el simple rozamiento puede producir de 30 á 88 por 100, segun sea su clase; á cuya causa hay que agregar la esfoliacion que sufren por la trasformacion de las piritas en sulfato.

Suele someterse la hulla, para purgarla de sus impurezas, á un lavado preliminar, en un todo semejante al practicado con los minerales: las diversas materias quedan depositadas por órden de densidad, la cual es para la hulla de 1 á 1,3, para los esquistos de 2 á 2,7, y de 3 á 4 para las piritas. Las hullas granadas y lavadas son las de mayor precio.

Encierra España grandes riquezas de tan preciado com-

bustible. La cuenca hullera de la provincia de Oviedo; la del término de Belmez, en Córdoba; las hulleras de San Juan de las Abadesas, en Gerona, y las de Palencia y Leon, contienen grandes cantidades, y de excelente calidad. De sentir es que la falta de comunicaciones, rémora de todo adelanto, y el precio elevado de los trasportes, tengan sumido en lamentable abandono este importante material, con tanta razon denominado *pan de la industria.*

22. Aglomerados.—En las líneas férreas se consume en abundancia la hulla en estado de *menudos*, ó en forma de sólidos, fabricados con estos menudos y una materia que sirve de cemento.

El combustible que resulta recibe el nombre de *aglomerado*, y más particularmente el de *rodillos* ó *cilindros*, si el moldeo ha dado á los trozos esta forma, y el de *ladrillos* cuando tienen la de paralelepípedo rectángulo de pequeña altura.

Grandes servicios prestan los aglomerados: á las compañías explotadoras de minas, permitiéndoles desembarazarse de la gran cantidad de menudos que siempre se forman; y á la industria, proporcionando carbones de cualidades variables y hasta más puros si se quiere: la variabilidad de cualidades se obtiene mezclando menudos de diversas clases y propiedades; y la mayor pureza, por medio del lavado mecánico.

23. Condiciones exigidas á los aglomerados.—En los hogares de locomotoras se emplea, casi exclusivamente, aglomerados de hulla; sus condiciones han de ser: solidez en los ladrillos ó cilindros, que no se disgreguen al fuego, ni den más del 7 por 100 de cenizas.

24. Fabricacion de los aglomerados.—Para la fabricacion se prefieren los menudos de hullas crasas, porque se moldean mejor y los ladrillos conservan su forma por más tiempo, sometidos á la accion del fuego, merced á la agluti-

nacion de los menudos: los de hullas secas y antracitosas son más difíciles de unir y no se aglutinan al fuego; de manera que cuando el cemento que los une desaparece, se desagregan y caen en forma de polvo en la rejilla. Pueden mezclarse los menudos de hullas secas con los de las crasas.

El moldeo de los ladrillos puede efectuarse á simple presion de los menudos, ó con auxilio de un cemento: el primer método únicamente es practicable con hullas muy crasas, que se unan fácilmente, y aún así exigen ser elevadas á una temperatura alta, con deterioro notable de los aparatos de fabricacion: más general es el segundo método.

La materia cemento fué en un principio la arcilla, pero se desechó de seguida, porque aumentaba considerablemente la proporcion de escoria y cenizas: decidióse sustituirla por una sustancia que fuera combustible, eligiendo, al efecto, la brea, materia que resulta de la destilacion de la hulla. Tres clases de brea se conocen: la *brea* propiamente dicha, resultado de la primera destilacion de la hulla, es líquida á la temperatura ordinaria; la *brea crasa* resulta de la destilacion de la brea, sometiéndola á la temperatura de 200°, con lo que se la priva de un 20 á 25 por 100 de materias volátiles, obteniéndose un cuerpo fluido á los 75° ó 80°; si la temperatura aplicada á la brea es de 300°, se hace desaparecer hasta el 35 á 40 por 100 de productos volátiles y se obtiene la *brea seca*, perfectamente sólida á la temperatura ordinaria.

El empleo de la brea, propiamente dicha, para la fabricacion de aglomerados, permite efectuar á la temperatura ordinaria la mezcla y amasado de los menudos y la compresion de la pasta; pero en cambio resultan ladrillos muy blandos, de fácil desagregacion al fuego, de mucho humo y mal olor al arder. Pueden eliminarse estos defectos, sometiendo los aglomerados, despues del moldeo, á una calcinacion que les haga perder parte de los productos volátiles de

la brea; pero este procedimiento es antieconómico, porque los dichos productos son combustibles.

La brea crasa dá ladrillos duros, pero de mucho humo al arder. La brea seca es el mejor cemento: el aglomerado arde con humo y olor muy escasos.

Cualquiera que sea el cemento elegido, los menudos se purifican, antes de la mezcla, por medio del lavado: la mezcla de menudos, cuando se emplean de distinta clase, ha de ser completa, para la mayor homogeneidad del producto; y si se eligió la brea como cemento, se amasan en frio, en un recipiente, dentro del cual gira un rastrillo. La brea crasa hay que fundirla, para hacer el amasado, y calentar tambien los menudos: ambas operaciones se efectúan con vapor de agua. Finalmente: la brea seca, sólida á la temperatura ordinaria, ha de molerse, y los polvos mezclarse con los menudos, en la proporcion de 7 á 10 de los primeros por 100 de los segundos (en peso): el todo se reblandece en un recipiente, por el que circula vapor de agua.

Llévase despues la masa á un cilindro, en cuyo fondo ó paredes hay abierto un orificio rectangular ó circular: la presion ejercida por un émbolo en la masa, la hace salir por los citados orificios, verificándose el moldeo exactamente lo mismo que para los ladrillos prensados de arcilla.

En España, la fabricacion de aglomerados se lleva á cabo por las empresas de vías férreas, ó por las explotadoras de minas de hulla.

25. Potencia calorífica de la hulla.—El medio más exacto, para nuestro objeto, de medir la potencia calorífica de la hulla, consiste en encontrar la relacion entre el peso del combustible quemado en el mismo hogar de la máquina y el del agua vaporizada. Este método está sujeto, no obstante, á errores no despreciables: los gases producto de la combustion salen á la atmósfera conservando una temperatura ele-

vada, no utilizada para la vaporizacion; y esta pérdida varía, en las diversas máquinas, con la relacion de la superficie de calefaccion directa é indirecta, y de la total con el área de la rejilla: el resultado depende, asimismo, de la habilidad del fogonero en la conduccion del fuego y aprovechamiento del combustible.

Aun suponiendo bien dirigida la combustion, calcúlase en un 11 por 100 del calor total el perdido por la primera de las causas enunciadas.

Las hullas buenas, de Cardiff, vaporizan, por kilógramo, 8 de agua. Con hullas medianas puede calcularse, término medio, en 5 á 7 kilógramos, el peso de vapor formado, por uno de combustible.

El poder calorífico de los aglomerados es algo superior al de las hullas de que proceden.

26. Combustion en los hogares de las locomotoras.— El combustible, en los hogares de las locomotoras, proporciona el calor necesario para la vaporizacion, de varios modos. En la parte del cajon de fuegos inmediato á la rejilla, por contacto de los trozos incandescentes y de la llama. Las paredes y cielo del hogar, por radiacion de la brasa y contacto de la llama y gases, productos de la combustion; en la primera parte de los tubos, por contacto de la llama y gases; finalmente, en la parte extrema de los tubos, cerca de la caja de humos, sólo por el contacto de estos gases.

Debe buscarse, por una buena conduccion del fuego, el tener una vaporizacion suficiente para la marcha, efectuada con regularidad, y con la mayor economía posible de combustible. Esta economía se obtendrá si la combustion es completa, y los gases, al salir á la atmósfera por la chimenea, no poséen una temperatura demasiado elevada, que sería completamente perdida.

Prescindirémos de esta última circunstancia, que depende en su mayor parte de la construccion de la máquina; es

decir, de la superficie de calefaccion, con relacion á la magnitud del hogar, de la longitud y número de los tubos, etc.: advertirémos, tan sólo, que se debe evitar el caer en el extremo opuesto; es decir, que por la gran magnitud de la superficie de calefaccion, se enfrien demasiado los gases.

Insistiendo sobre la primera, dirémos que, teóricamente hablando, la combustion será completa, cuando el carbono é hidrógeno del combustible se hayan convertido, tanto en la brasa como en la llama, en ácido carbónico y agua.

Para que se vea la importancia de que así resulte, basta recordar que en las combustiones incompletas hay produccion de óxido de carbono; y que el calor que se produce en la formacion de éste, es la cuarta parte del que dá la formacion del ácido carbónico.

Muy difícil es obtener en las locomotoras una perfecta combustion, pero debe procurarse hacerla lo ménos imperfecta que posible sea; y como uno de los principales elementos es el de suministrar al combustible la cantidad de oxígeno preciso, nos ocuparémos en primer lugar de cuanto se refiere á este importante punto.

Recordarémos que en un volúmen de aire entran una parte de oxígeno y cuatro de ázoe, de modo que ha de proporcionarse al combustible cinco veces más volúmen de aire que el del oxígeno exigido para una combustion perfecta. Si, por ejemplo, un kilógramo de hulla necesita 2 metros cúbicos de oxígeno, habrá que contar con 10 de aire, y áun todavía mayor cantidad, si se observa que no todo el que pasa por la rejilla cede su oxígeno.

Cuando el aire es insuficiente, la combustion no es perfecta: una parte de la hulla destila, en lugar de arder, desprendiendo carburos de hidrógeno, que se pierden para la combustion y calefaccion por falta de oxígeno, que los convierta en ácido carbónico. La combustion imperfecta, por

esta ú otra causa cualquiera, se reconoce fácilmente por el aspecto del fuego y por el color de los gases emitidos por la chimenea.

La hulla que destila en vez de arder, produce manchas negras en el fuego; y el óxido de carbono arde con llama azulada, miéntras que la del ácido carbónico es clara y brillante, por efecto de la elevada temperatura de las partículas sólidas que arrastra, y la brasa tiene un color vivo, cuando la combustion es activa.

Los gases escapados por la chimenea son casi incoloros (ácido carbónico), si la combustion se aproxima á la perfeccion; y pardos, cuando se desprenden carburos no quemados.

Si la falta de aire trae consigo el defecto grave de producir una combustion incompleta, y por tanto antieconómica, el exceso es tambien perjudicial, bajo el punto de vista de la economía, porque la cantidad de aire no descompuesto, es decir, no utilizado para la combustion, roba al hogar una notable parte de la temperatura desarrollada; y si bien es cierto que antes de salir por la chimenea circula por la tubería, no cede, ni con mucho, todo el calor que absorbió; además: para que pase un exceso de aire por la rejilla es preciso que la circulacion á través de las brasas y tubería se verifique con grande velocidad, arrastrando partículas de carbon sin quemar, que, en union de las cenizas y pequeños fragmentos de escoria tambien aspirados por la corriente gaseosa, producirán en los metales rozamientos enérgicos, sumamente perjudiciales para su conservacion.

El embarque de aire por la rejilla se obtiene por el poderoso tiro artificial (primera parte, números **217**, **246** y **247**), que produce el vapor escapado por la chimenea, procedente de los cilindros.

La energía del tiro depende:

1.° De la velocidad de la máquina, es decir, del número

de emboladas por minuto, pues á cada una de ellas corresponde un chorro de vapor por cada cilindro.

2.° De la presion del vapor de escape, pues que su accion mecánica, al salir por la chimenea, es la que produce el vacío en la caja de humo y ejecuta la aspiracion de los gases de la combustion y del aire exterior, por la tubería y rejilla respectivamente.

A su vez, la tension del vapor de escape depende:

a. De la tension del vapor en el generador.

b. De la mayor ó menor abertura del regulador: cuando las lumbreras de éste quedan poco descubiertas, el vapor se lamina, digámoslo así, al pasar por ellas y disminuye su tension.

c. De la mayor ó menor expansion con que el vapor trabaje en los cilindros (número **43**).

d. De la desembocadura del tubo de escape, variable por medio de la válvula de este nombre. Disminuyendo con ella la seccion de salida, se aumenta la velocidad, y por lo tanto la energía del tiro.

A excepcion de la primera causa, la referente á la tension del vapor en la caldera, todas pueden variar á voluntad del maquinista, que de este modo tiene á su disposicion medios de modificar el tiro; pero bueno es advertir los inconvenientes de abusar de ellos. El trabajo del vapor con poca expansion es antieconómico (número **43**), y sólo puede aceptarse por muy limitado tiempo, so pena de ver disminuir bien pronto la presion en la caldera, porque es posible que la produccion sea inferior al consumo (número **50**): y la disminucion de desembocadura del tubo de escape, dificultando la salida del vapor, crea detrás de los émbolos enérgicas contrapresiones, que son otras tantas fuerzas resistentes que absorben parte de la motriz.

Finalmente: la actividad exagerada del tiro produce el arrastre, há poco citado, de partículas sólidas que ara-

ñan y destruyen la tubería, placas tubulares y caja de humos.

Tambien cuenta el fogonero con recursos para moderar la energía del tiro. Si el cenicero es cerrado, y con registro, se regula por su medio la entrada de aire; si la chimenea tiene capuchon puede dificultar parcialmente la salida de gases, y por lo tanto el embarque de aire por la rejilla: por último; abriendo el registro de la caja de humos se dá entrada por él al aire exterior, á expensas del que habia de penetrar por el hogar. Este recurso tiene el inconveniente comun á todas las admisiones de aire fresco en espacios de paredes metálicas, que se encuentran á elevada temperatura: los metales padecen por la repentina transicion del calor al frio, y las uniones de los tubos en la placa tubular se aflojan, produciéndose derrames.

Para terminar con lo que al tiro se refiere, dirémos: que no es bastante obtenerlo de energía conveniente si se dificulta, por otra parte, la entrada del aire por la rejilla, ó si embarcando en el hogar la cantidad necesaria no se reparte por igual en la masa combustible.

La entrada de aire en el hogar se dificulta por una de las siguientes causas:

1.ª Un espesor demasiado grande en la capa de combustible: los intersticios entre los trozos son entónces muy pequeños, especialmente si se emplean menudos; además: la hulla debe cargarse en capas delgadas, porque como tiene tantos elementos combustibles, exige una gran cantidad de oxígeno, que de ningun modo se podria obtener si se coloca en el hogar en capas gruesas: se desprenderán entónces, sin arder, grandes dósis de carburos de hidrógeno, con grave perjuicio de la economía y de la fumivoridad (primera parte, números **224** y **225**). El espesor no debe exceder de 1,5 á 3 decímetros.

2.ª Las escorias, especialmente las pastosas, tapan los

claros de la rejilla y obstruyen el paso al aire: es preciso hacerlas desaparecer.

3.ª Iguales efectos se producen cuando la tubería está sucia ó hay algunos tubos tapados (por haberse inutilizado). (*)

La reparticion desigual de aire en la masa, se debe al desigual espesor de la capa de carbon, ó á la desigual formacion y reparticion de las escorias. La combustion es entónces imperfecta, pues miéntras por unas partes de la rejilla pasará el aire con demasiada velocidad (con todos los inconvenientes ya conocidos), por otras faltará, y la hulla destilará en lugar de arder, lo cual se reconocerá por el aspecto de las brasas y llamas, segun se ha dicho. Impropiamente es llamada *combustion activa* la que tiene lugar en tales condiciones: preferible es en todos casos la *combustion lenta*, que se verifica cuando el aire envuelve por igual todos los trozos de combustible, atravesándolos suficientemente despacio para poder abandonar todo su oxígeno.

27. Causas contrarias á una buena combustion.—No basta proporcionar al combustible la cantidad de aire que su combustion requiere: es preciso tambien que el hogar se encuentre á una elevada temperatura, evitando toda causa de enfriamiento; porque los descensos de temperatura producen en la hulla grandes desprendimientos de gases combustibles (principalmente carburos de hidrógeno), que encontrándose envueltos de aire frio, y atravesando por medios frios, no se queman, áun en contacto con el oxígeno, y salen intactos por la chimenea. Ejercen tambien los enfriamientos

(*) Cuando por cualquiera de estas causas falta aire, el carbon tarda mucho tiempo en encenderse; las brasas toman un tinte rojizo oscuro, en vez del intenso y vivo que deben tener, cubriéndose de ceniza en algunos puntos: la llama no se produce expontáneamente y con ligereza, y no tiene la brillantez que se nota cuando la combustion es activa. Se dice entónces que el fuego *está sucio*.

una perniciosa accion en la máquina: las uniones de los tubos y las cabezas de los virotillos del hogar se aflojan ó grietean, originando derrames de agua, que apaga parte del fuego.

Los enfriamientos pueden provenir de muchas causas.

1.ª Un exceso de aire frio, que penetra por la puerta del hogar, cada vez que se vá á echar nuevo combustible ó arreglar el fuego, y que enfria las paredes del cajon de fuego y los gases.

2.ª Cuando se carga una cantidad excesiva de carbon fresco sobre el rojo (*). Entónces, cubriéndose éste, se impide la radiacion que llevaba calor á las paredes y cielo del hogar.

Además: el carbon nuevo roba calor al rojo, y enfria los gases, que desprendiéndose de éste pasan por aquél: el ácido carbónico puede entónces convertirse, en contacto con el carbon frio, en óxido de carbono.

3.ª Cuando se desguarnece de carbon rojo alguna parte de la rejilla: el aire que entónces penetra por ella es frio y no ha tenido ocasion de calentarse, como sucederia en el caso ordinario de atravesar el carbon rojo antes de entrar en el hogar.

4.ª Por una disposicion viciosa del aparato de calefaccion.

5.ª Por la utilizacion del calor en el momento mismo en que se produce.

El humo que sale por las chimeneas dá indicaciones de lo completo ó incompleto de la combustion.

En efecto: cuando los combustibles no contienen materias volátiles, sino en pequeña proporcion, podrá la combustion ser incompleta, y sin embargo, no reconocerse en el

(*) Llámase carbon fresco, el no sometido á la accion del fuego; y rojo, al convertido en brasa.

humo, pues el óxido de carbono no es coloreado ni visible. Pero cuando se trata de la hulla, la turba, la madera, y otros combustibles ricos en hidrógeno, no sucede así, porque el calor desprende gases carburados que escapan á la combustion, y que unidos al carbono, que es arrastrado por el tiro, en un grado sumo de division, forman una masa gaseosa, cuyo color varía del grís claro al pardo negruzco.

Humo negro y denso se vé salir por la chimenea de las locomotoras, cuando se enciende el fuego, cuando se echa carbon fresco, y áun á veces cuando se abre la portezuela del hogar. En todos estos casos hay enfriamientos que producen una combustion incompleta.

Contraría tambien la combustion:

1.° Un viento fuerte, especialmente cuando sopla en direccion contraria al movimiento, porque se opone á la salida de gases por la chimenea, y, como consecuencia inmediata, á la admision de aire por el hogar.

2.° Derrames de agua dentro del hogar, procedentes del cajon de fuego, porque apagan parte de las brasas, y porque el vapor de agua formado ocupa un espacio á expensas del aire exterior que debiera penetrar.

3.° Atmósfera muy cargada de humedad: porque la formacion del vapor de agua en el interior del hogar, produce los efectos que se dejan mencionados.

4.° Cierre imperfecto de la puerta de la caja de humo: introdúcese entónces aire en su interior á expensas del que debiera entrar por la rejilla: este aire es frio, condensa los humos y les quita velocidad; mantiene además la combustion de las brasas y cisco arrastrados por el tiro y amontonados en la caja de humo, quemando sus paredes.

Finalmente: cuanto perjudique al escape de vapor, por el tubo de este nombre, perjudica al tiro, y por lo tanto á la combustion; en este grupo debe contarse:

1.° El agua arrastrada por el vapor, bien proceda del

condensado en los cilindros ó del agua de la caldera. La salida del vapor es ménos impetuosa, porque el agua le roba espacio, y por lo tanto densidad y tension.

2.° Viento fuerte, sobre todo cuando es contrario á la marcha.

3.° Pérdidas de vapor por las estoperas ó tapas de los cilindros, porque disminuyen la cantidad del que ha de salir por el tubo de escape.

28. Resúmen de los preceptos para la conduccion del fuego.—Una buena conduccion del fuego proporciona economía en el combustible y produccion regular de vapor. La combustion teórica no se verifica nunca: en los casos más favorables el calor aprovechado es los dos tercios del teórico. Debe, sin embargo, tenderse á aproximarse cuanto sea posible á la perfecta combustion y aprovechamiento del combustible; y al efecto, segun se desprende de cuanto en este capítulo queda dicho, es preciso satisfacer á estos dos principios generales:

1.° Admision uniforme, por la rejilla, de la cantidad de aire suficiente para proporcionar el oxígeno que la combustion completa reclama.

2.° Evitar todo enfriamiento en el hogar.

Para cumplir estos preceptos en todas sus partes, exponemos á continuacion las reglas principales que un buen fogonero debe seguir.

Encendido del fogon.—Antes de proceder al encendido del fogon hay que tomar varias precauciones, que indicarémos á continuacion.

La caldera ha de estar con un buen nivel de agua, para que no se queme el techo del hogar ni las hiladas superiores de los tubos.

La altura de agua se reconoce por el tubo indicador del nivel y se comprueba por los grifos verificadores: el tubo ha de estar completamente lleno.

Se pasará de seguida á reconocer el hogar: las paredes se limpian, si no lo están, así como la tubería, para que el tiro y la comunicacion de calor se verifiquen debidamente: tambien se debe limpiar la parrilla, rascando las escorias adheridas que pudieran entorpecer el paso del aire; por idéntica razon se vacia el cenicero, si es cerrado. Los barrotes de la rejilla no han de estar tan separados que dejen caer por sus claros las brasas voluminosas del hogar, ni tan unidos que dificulten la admision del aire: si falta alguno se espaciarán los restantes, á no ser que se tenga á mano otros para sustituirlo.

Recordarémos que la longitud de los barrotes ha de ser tal que, teniendo un buen asiento en sus extremos para no caer fácilmente por efecto de las trepidaciones, movimientos bruscos y choques de la marcha, no sean de tal longitud que al dilatarse por la elevada temperatura á que se han de hallar sometidos, prensen fuertemente las paredes del hogar, deteriorándolas.

Si hubiese rejilla móvil y registros en el cenicero, se maniobrarán las palancas y varillas correspondientes, para tener la conviccion de que funcionan en regla.

Verificado este exámen preliminar, que por nimio que parezca, es, sin embargo, de importancia no despreciable, por referirse á detalles que afectan á la existencia de la locomotora y seguridad en la marcha, se procede al encendido del fogon.

Ábrese completamente el cenicero, si es cerrado, y el capuchon de la chimenea, si lo hay: aflójanse los resortes de las válvulas de seguridad, se aprieta el freno del tender, se cierra el regulador y se lleva la palanca al punto muerto. Todas estas precauciones tienen por objeto: las primeras, facilitar la admision de aire, muy necesario al principio de la combustion; y las segundas, impedir que, por el vapor formado, se pusiera en marcha la máquina por sí sola. Para

precaver por completo este incidente último, se abren los grifos purgadores, con objeto de dar salida á las pequeñas cantidades de vapor que, áun estando el regulador cerrado y la palanca en el punto muerto, pudieran llegar á los cilindros por las holguras de la corredera del regulador y del distribuidor.

Se extiende sobre la rejilla una capa de ramaje, retama ó yerba seca si no hubiese á mano otra cosa: encima se coloca otra capa de astillas gruesas de madera, si posible es resinosa para que arda con facilidad; por último, se extiende por encima de estas capas otra de hulla, de 30 á 40 kilógramos, pero de tal modo que se dejen intersticios suficientes al paso del aire, y que no se aplasten las capas inferiores.

La altura de la carga de hulla no ha de exceder de 1,5 á 3 decímetros: debe colocarse en plano inclinado descendiendo hácia la hilada inferior de tubos, de manera que el mayor espesor corresponda junto á la portezuela del hogar. Para obtener intersticios que dén fácil entrada al aire, no ha de emplearse en la primera carga de hulla solamente menudos: primero se colocan trozos gruesos de ladrillo, que se parten con un martillo (figura 7, lámina 34) destinado á este uso, y encima se cargan menudos. El combustible se echa en el hogar con una pala (figura 3) de hierro largo y con rebordes, para que pueda contener bastante carbon, y estrecha hácia su extremo para que se introduzca fácilmente por la portezuela.

Colocada la primera carga en la forma que se deja indicada, se prende fuego á la retama, introduciendo por debajo de los barrotes de la rejilla un trapo, mojado de aceite, encendido. Arde de seguida el ramaje y astillas, y tambien la hulla, porque la parte de brea que contienen los trozos de aglomerado contribuye á su fácil inflamacion. Al principio se desprende un humo negro y denso, efecto de la destilacion parcial de la hulla, pues los carburos de hidrógeno,

para inflamarse, necesitan no sólo aire suficiente, sino temperatura elevada, y el hogar está frio en estos momentos.

A medida que se eleva la temperatura en el hogar, los humos son ménos negros y concluyen por ser blanquecinos ó ligeramente pardos.

La portezuela del hogar, que se cerró antes de prender fuego á la carga, no debe abrirse sino cuando sea necesario cargar nuevo combustible, para evitar enfriamientos contrarios á la actividad de la combustion.

La primera carga, despues de la inicial, ha de ser de cuatro ó cinco paladas, mezclando los menudos con trozos de aglomerados; las sucesivas han de ser de una sola, ó dos cuando más, extendiendo el carbon fresco sobre el rojo, cerca de la portezuela y ángulos inmediatos del fogon: de esta manera los gases frios desprendidos del carbon fresco al contacto de las brasas, al dirigirse á la tubería son quemados por el aire caliente que penetra á través del carbon rojo situado en la parte anterior de la rejilla, cerca de la placa tubular. Por lo demás, para entretener la combustion son aplicables las reglas que despues darémos referentes á la marcha.

Ha de darse salida al aire que contiene la caldera; pues de lo contrario ocupa un espacio á expensas del destinado al vapor, y además por su dilatabilidad ejercerá una presion fuerte sobre la superficie del agua, retardando la vaporizacion. Para dejar escapar el aire se levanta una de las válvulas de seguridad, ó se mantiene abierto el silbato ó el ventilador.

Los primeros vapores formados aparecen al exterior por los orificios abiertos para la salida del aire, como nubecillas blancas: su presencia indica que ha sido expulsado el aire que contenia el generador, y entónces se cierran los dichos orificios, válvula, silbato ó ventilador. Este último se utiliza para aumentar el tiro, cuando el manómetro acusa una pre-

sion de 1,5 á 2 atmósferas, suficiente para vencer la presion atmosférica y arrastrar el aire y gases de la caja de humos.

El tiempo que se emplea en obtener la presion de 5 á 7 atmósferas, necesaria para poder disponer de la locomotora, es variable: depende de la calidad del combustible, de la temperatura del agua, magnitud de la caldera y su relacion con la superficie de calefaccion y área de la rejilla, etc., etc. Influye asimismo el estado de limpieza de la caldera; porque las incrustaciones son muy poco conductoras del calor. Con buen combustible se tarda tres horas, término medio, y algo ménos si las paredes del hogar, al encender el fuego, estuviesen calientes todavía por haberse apagado poco tiempo ántes. Si el combustible es mediano no se tarda ménos de cuatro horas.

29. Prescripciones para cuando la locomotora está en marcha.—El espesor de combustible, en la hipótesis de emplearse la hulla, reconoce por límites de 1 á 2 decímetros en la parte anterior del hogar, junto á la placa tubular, y de 2 á 3 en la parte posterior, cerca de la portezuela y en los ángulos inmediatos. Dentro de estos límites se variará la altura con arreglo á la naturaleza de la hulla: cuanto más productos gaseosos desprenda, menor deberá ser el espesor, para facilitar la entrada de aire: tambien deberá reducirse más el espesor en las hullas en estado de menudo, ó en las que producen escorias pastosas que obstruyen los huecos de la rejilla.

Ya hemos dado en el número anterior la razon de colocarse el combustible en plano inclinado, de la puerta del hogar á la placa tubular, y de cargarse el carbon fresco junto á la portezuela.

La combustion es así más perfecta porque se queman los gases carburados que se desprenden de la hulla; y la llama, por la disposicion del combustible, se dirige hácia la tubería directamente. Si el combustible no es quebradizo, el car-

para inflamarse, necesitan no sólo aire suficiente, sino temperatura elevada, y el hogar está frio en estos momentos.

A medida que se eleva la temperatura en el hogar, los humos son ménos negros y concluyen por ser blanquecinos ó ligeramente pardos.

La portezuela del hogar, que se cerró antes de prender fuego á la carga, no debe abrirse sino cuando sea necesario cargar nuevo combustible, para evitar enfriamientos contrarios á la actividad de la combustion.

La primera carga, despues de la inicial, ha de ser de cuatro ó cinco paladas, mezclando los menudos con trozos de aglomerados; las sucesivas han de ser de una sola, ó dos cuando más, extendiendo el carbon fresco sobre el rojo, cerca de la portezuela y ángulos inmediatos del fogon: de esta manera los gases frios desprendidos del carbon fresco al contacto de las brasas, al dirigirse á la tubería son quemados por el aire caliente que penetra á través del carbon rojo situado en la parte anterior de la rejilla, cerca de la placa tubular. Por lo demás, para entretener la combustion son aplicables las reglas que despues darémos referentes á la marcha.

Ha de darse salida al aire que contiene la caldera; pues de lo contrario ocupa un espacio á expensas del destinado al vapor, y además por su dilatabilidad ejercerá una presion fuerte sobre la superficie del agua, retardando la vaporizacion. Para dejar escapar el aire se levanta una de las válvulas de seguridad, ó se mantiene abierto el silbato ó el ventilador.

Los primeros vapores formados aparecen al exterior por los orificios abiertos para la salida del aire, como nubecillas blancas: su presencia indica que ha sido expulsado el aire que contenia el generador, y entónces se cierran los dichos orificios, válvula, silbato ó ventilador. Este último se utiliza para aumentar el tiro, cuando el manómetro acusa una pre-

sion de 1,5 á 2 atmósferas, suficiente para vencer la presion atmosférica y arrastrar el aire y gases de la caja de humos.

El tiempo que se emplea en obtener la presion de 5 á 7 atmósferas, necesaria para poder disponer de la locomotora, es variable: depende de la calidad del combustible, de la temperatura del agua, magnitud de la caldera y su relacion con la superficie de calefaccion y área de la rejilla, etc., etc. Influye asimismo el estado de limpieza de la caldera; porque las incrustaciones son muy poco conductoras del calor. Con buen combustible se tarda tres horas, término medio, y algo ménos si las paredes del hogar, al encender el fuego, estuviesen calientes todavía por haberse apagado poco tiempo ántes. Si el combustible es mediano no se tarda ménos de cuatro horas.

29. Prescripciones para cuando la locomotora está en marcha.—El espesor de combustible, en la hipótesis de emplearse la hulla, reconoce por límites de 1 á 2 decímetros en la parte anterior del hogar, junto á la placa tubular, y de 2 á 3 en la parte posterior, cerca de la portezuela y en los ángulos inmediatos. Dentro de estos límites se variará la altura con arreglo á la naturaleza de la hulla: cuanto más productos gaseosos desprenda, menor deberá ser el espesor, para facilitar la entrada de aire: tambien deberá reducirse más el espesor en las hullas en estado de menudo, ó en las que producen escorias pastosas que obstruyen los huecos de la rejilla.

Ya hemos dado en el número anterior la razon de colocarse el combustible en plano inclinado, de la puerta del hogar á la placa tubular, y de cargarse el carbon fresco junto á la portezuela.

La combustion es así más perfecta porque se queman los gases carburados que se desprenden de la hulla; y la llama, por la disposicion del combustible, se dirige hácia la tubería directamente. Si el combustible no es quebradizo, el car-

bon rojo se lleva, antes de cargar el fresco, en su mayor parte hácia la placa tubular, empujándolo con el *corazon* (figura 1, lámina 34), ó con la pala de escorias (figura 5), llamada así porque sirve para la extraccion de éstas cuando no hay parrilla giratoria. Cuando el combustible es quebradizo no debe movérsele, porque se pierde una gran parte de brasa, que al dividirse cae á la vía ó fondo del cenicero, si es cerrado, por los claros de la rejilla.

El carbon fresco se echa con la pala, suavemente, pues de arrojarse con fuerza chocaria bruscamente con el rojo, dividiéndose ámbos si son quebradizos, y cayendo en menudos y cisco por los huecos de la parrilla. Es preciso que no formen bóveda los trozos gruesos, y hay que extenderlo por igual, cubriendo con preferencia las partes que hayan quedado desguarnecidas de combustible, para que, estando cubierta de él toda el área de la rejilla, el aire que penetra á través tenga tiempo de calentarse.

El modo de proporcionar aire suficiente á la combustion consiste en no exagerar el espesor de combustible y retirar las escorias que tapan los claros de la parrilla. Cuando en algun punto se observen manchas negras ó llamas azuladas, será señal de que no llega á él la cantidad de aire necesaria: lo mismo se dirá sí, en el carbon rojo, languidece la combustion, lo cual se reconocerá por el color rojo apagado que toman las brasas y por las cenizas de que se cubren. En tales casos la causa probable es la existencia de escorias en aquellos puntos; se removerá el carbon con el *corazon*, moviéndolo en sentido de la longitud de los barrotes; y por la resistencia al movimiento del útil se reconocerá la presencia de las escorias, que se separarán á un lado del hogar. Algunas veces las escorias se adhieren tan fuertemente á la rejilla, alojándose entre los barrotes, que es difícil arrancarlas: si la punta del corazon no es suficiente se emplea la barra picafuegos (figura 2).

Las escorias se expulsan del hogar en las estaciones: si una parte de la parrilla es móvil, se pica bien el fuego, se trae todo el carbon rojo á la parte posterior, fija, y las escorias se llevan á la parte móvil, que maniobrada las hace caer en el foso, ó sobre la vía, si éste no existe: cuando toda la rejilla es fija, las escorias se sacan con la pala de este nombre por la portezuela del hogar.

Si á pesar de mantener limpio de escorias el fogon la combustion fuera incompleta, se aumentará el tiro apretando la válvula de escape, ó trabajando, por algun tiempo solamente, con la palanca de cambio en un punto algo distante del muerto.

Otro de los preceptos generales para obtener una combustion regular es el evitar los enfriamientos en el fogon.

Enfriamientos se producen siempre que se carga carbon fresco. En primer lugar, al abrir la portezuela se precipita por ella al interior una corriente de aire exterior, frio: además, el carbon fresco depositado sobre el rojo le roba una parte de calor é impide la radiacion al techo y paredes del hogar. Este efecto será tanto más fuerte cuanto mayor sea la cantidad de combustible fresco arrojado; por cuya razon no debe cargarse mucho carbon sino en las estaciones, pendientes, ó en general en puntos en que el consumo de vapor sea escaso ó nulo y haya lugar á restablecer la energía de la combustion.

Por iguales motivos debe evitarse hacer coincidir la carga de carbon fresco en gran cantidad con otra cualquiera causa de enfriamiento, como, por ejemplo, la alimentacion de la caldera; ó cuando haya de reclamarse á la máquina un exceso de potencia y por consecuencia de consumo de vapor.

Siempre que se abra la portezuela del hogar para arreglar el fuego y quitar las escorias, hay enfriamientos. Hé aquí los inconvenientes del carbon impuro: hay que arre-

glarlo contínuamente, con mayor trabajo del fogonero y consumo mayor.

Cuando el carbon es bueno apenas hay que tocar el fuego.

Puesto que enfriamientos produce cargar carbon en gran cantidad, y el cargarlo en pequeñas porciones, por la frecuencia con que se ha de abrir la portezuela, ¿cuál de los dos métodos es ménos perjudicial? Sin duda alguna el segundo, porque el combustible se aprovecha mejor, la combustion es más regular, y el calor desarrollado sufre ménos alternativas, con gran ventaja de la regularidad de vaporizacion. Esto no obsta para que la portezuela del hogar esté cerrada, á no ser en los casos imperiosos de carga de carbon ó arreglo del fuego. Las cargas parciales han de ser, pues, débiles, una palada ó dos cuando más, y repartidas en la forma que ya se ha indicado en otro lugar. Generalmente se echan en el hogar dos ó tres paladas de carbon por kilómetro, y una más en las rampas. En los hogares divididos en dos por un hervidor longitudinal, se carga alternativamente cada una de las dos mitades, para que los humos de una parte sean quemados por el aire caliente de la otra.

Los menudos de hulla son recibidos por el lecho que forma el carbon rojo y las escorias, y ésta es la causa de que no caigan por los huecos de la rejilla: despues se funden y forman trozos gruesos. En cambio es de temer que, por el grado de division en que se hallan, sean arrebatados por la corriente gaseosa y salgan por la chimenea sin arder, efecto que se producirá con tanta más violencia cuanto mayor sea la del tiro. Por esta razon son tan difíciles de quemar los menudos de hullas secas y antracitosas; pues si para activar la combustion se cierra la válvula, aumentando el tiro, se escapan, casi en su totalidad, á medida que se cargan.

Para disminuir en algun modo la pérdida de menudos por la chimenea, los fogoneros mojan el combustible antes

de cargarlo, arrojando, á intérvalos, cubos de agua sobre el amontonado en el tender.

Esta aspersion se hace más necesaria en los carbones demasiado inflamabies, como sucede á los aglomerados, que arden bien pronto por el cemento de brea que contienen. Cuando la cantidad de agua no es muy grande, es ventajosa por otro concepto: si la temperatura del hogar es elevada, el agua se descompone; el oxígeno favorece la combustion, combinándose con el carbono, y el hidrógeno se inflama. Pero si el agua está en exceso, de modo que el carbon esté hecho casi barro (y así suelen cargarlo algunos fogoneros) el agua no se descompone, sino que se convierte en vapor, robando espacio al aire exterior y perjudicando al tiro y á la actividad de la combustion por consiguiente.

Cuando el regulador se cierre, en las pendientes pronunciadas, antes de llegar á las estaciones, ó en cualquiera otra ocasion, se abre el ventilador para que el tiro y la combustion no decaigan.

Si estando el regulador abierto languideciese la combustion, se aumenta la energía del tiro apretando la válvula de escape ó aumentando la duracion del período de admision.

Cuando, por el contrario, la combustion sea demasiado activa, se puede moderar por los procedimientos siguientes:

a. Abriendo el registro de la caja de humo.

b. Abriendo la portezuela del hogar. De estos modos de moderar el tiro es preferible el primero; porque el aire frio que penetra por la portezuela, en el segundo, encuentra los metales á temperatura muy elevada y los destruye más pronto. Sin embargo: como el segundo es más enérgico que el primero, se pondrá en práctica en caso de absoluta necesidad.

c. Arrojando parte del fuego, para lo cual se lleva adelante la parte de carbon rojo de que se va á desproveer el fogon y por medio de la rejilla móvil se deja caer en la vía.

Si no hay rejilla móvil se sacan las brasas con la pala de escorias por la portezuela del hogar: y si apremiasen las circunstancias se levanta uno ó dos barrotes por uno de sus extremos con el gárfio de la barra picafuegos, y se dejan caer sobre la vía, con lo que se provée un agujero para arrojar el combustible: esto en el supuesto de que el cenicero es abierto; pues si fuese cerrado, en su fondo se detendrán las brasas desprendidas, que seguirán radiando calórico por algun tiempo: preferible es entónces moderar el tiro cerrando parcialmente los registros de aire.

d. Por último: cerrando el capuchon si lo hay.

En el caso de haber arrojado parte del fuego, cualquiera que sea el procedimiento empleado, se extenderá sobre la parrilla el carbon rojo restante; para que el aire que penetre lo atraviese y lo caliente, y no pueda perjudicar, por su frialdad, á las superficies de calefaccion.

Si por un descuido imperdonable queda desguarnecido de agua el techo del hogar, hay que matar la combustion á todo trance, y lo más prontamente que sea posible, arrojando todo el fuego ó tapando los registros del cenicero y capuchon á un tiempo (método que tiene sus peligros), ó arrojando arena ó tierra sobre las brasas.

Al llegar á un depósito ó estacion en que la máquina ha de descansar y apagar su fuego, el fogonero procurará llegar con muy pequeña cantidad de carbon rojo en la parrilla, la precisa para mantener la presion de vapor necesaria para las maniobras: al efecto dejará de cargar carbon fresco con la conveniente anticipacion. Este procedimiento, sobre ser económico, redunda en beneficio de la conservacion de la máquina; porque el hogar se enfria lentamente y no de un modo brusco, con perjuicio de los metales, como tendria lugar si se llegase á la cochera con mucho fuego y se arrojase de una vez.

30. Estaciones.—En las estaciones se arregla el fuego,

picándolo, quitando las escorias y cargando carbon fresco.

Si la estacion ha de durar más de tres horas, se hace dormir el fuego, amontonándolo, y cerrando el registro del cenicero y capuchon, si existen, para mantener un débil tiro. La presion del vapor se sostiene así entre 3 y 4 atmósferas sin consumo sensible de carbon. De tarde en tarde se echarán pequeñas cantidades de combustible.

Estando la máquina parada y el ventilador cerrado, al abrir la portezuela del hogar se establece un tiro, de la rejilla á ella; al cargar carbon fresco, debe contarse con este fenómeno para guardar precauciones y retirarse á un lado, porque los gases y llamas saldrán por la portezuela.

Este tiro extraordinario, todavía es más activo cuando se abre el registro ó puerta de la caja de humos, porque se interrumpe el principal de la chimenea.

Estando cerrada la caja de humo, se previene la salida de llamas por la portezuela del hogar, abriendo el ventilador.

31. Gasto de hulla.—El consumo de hulla es proporcional á la energía de la vaporizacion, es decir, al trabajo que la máquina tenga que desarrollar. Variará, pues, con los accidentes de la vía, con el peso del tren remolcado y velocidad de la marcha. Tambien influye en el consumo el aprovechamiento del calor desarrollado en el hogar, es decir, la conductibilidad de los metales, limpieza interior de la caldera, extension y forma de la superficie de calefaccion, y su relacion con la de la rejilla. Por último: la estacion del año en que trabaja la locomotora no es de ningun modo indiferente al consumo; en invierno se gasta más combustible que en verano, porque la adherencia suele ser menor, por estar los carriles humedecidos, y el patinaje más frecuente; el agua de alimentacion más fria; la pérdida de calórico de la caldera, al contacto del aire ambiente, mayor, etc., etc.

Con arreglo al perfil y plano de la seccion de línea explotada por una máquina, y segun el peso remolcado, y la es-

tacion, se asigna un cierto número de kilógramos de carbon por kilómetro recorrido. Se embarca en el tender la cantidad de carbon correspondiente á una campaña de diez á quince dias, comprendiendo el correspondiente á los encendidos y paradas de alguna duracion. Del total economizado, reciben el maquinista y fogonero una prima, que suele ser la mitad de su valor.

En la línea de Madrid á Zaragoza y Alicante, seccion de Madrid á Arcos, los maquinistas de viajeros reciben, en invierno, 8 kilógramos por kilómetro en los trenes de siete coches, y $0^k,500$ por kilómetro, como suplemento, por cada carruaje más. En verano, $7^k,500$ por cada siete coches y kilómetro, y un suplemento de $0^k,250$ por cada nuevo coche.

Las máquinas que marchan sólas tienen asignaciones de combustible menores.

Las máquinas que arrastran trenes de mercancías reciben 11 á 12 kilógramos por kilómetro y 12 vehículos, y $0^k,600$ de aumento por cada uno que exceda á este número.

32. Cok.—Se obtiene el cok de la hulla, privándola de las materias volátiles. El producto contiene casi exclusivamente carbono, pequeñas proporciones de azufre, oxígeno é hidrógeno, y cantidad algo más considerable de cenizas, pues las materias terrosas de la hulla quedan en su mayor parte en el cok.

Dos son los procedimientos seguidos en la fabricacion del cok: la destilazion y carbonizacion. La destilacion de la hulla tiene por principal objeto la obtencion del gas del alumbrado; y como la operacion se encamina á este fin, el cok que resulta, como producto secundario, no es muy bueno. Preferible es el método de carbonizacion, que se hace en montones al aire libre ó en hornos especiales. Para conseguir un cok bastante puro en cenizas, se someten las hullas al lavado mecánico de que se ha hecho mencion en otro lugar, triturándolas préviamente, para separar las materias

esquistosas, y que puedan así clasificarse por órden de densidad.

33. Caractéres del cok.—Variables son los caractéres del cok, pues dependen de la naturaleza de la hulla de que provienen, y del procedimiento y marcha seguidos en la fabricacion.

Las hullas generalmente empleadas son las aglutinantes: aunque se hayan dividido en pequeños fragmentos para el mejor lavado, dan trozos gruesos de cok, que hay que dividir despues en otros parciales de volúmen más adecuado á su empleo en los hogares.

Cuanto más se reblandezca una hulla al fuego y se esponje por la influencia de los gases desprendidos, el cok resulta más ampolloso y ligero. Las hullas poco aglutinantes dan cok de trozos de pequeño volúmen. Si la temperatura es elevada, y la accion del fuego prolongada, resulta cok duro y de difícil combustion.

El cok es generalmente de color grís de hierro: otros lo tienen más claro, con brillo metálico; plateado: y en los sulfurosos, se reflejan los colores del arco iris.

Ni la carbonizacion ni el lavado de las hullas consiguen hacer desaparecer por completo, en el cok, el azufre procedente de las piritas. El cok muy sulfuroso es nocivo para la conservacion de los hogares, porque ataca los metales (número **17**), y debe desecharse.

La cantidad de cenizas que dá el cok es muy variable: en los buenos no debe exceder de 6 por 100; 8 por 100 en los medianos, y se califican de malos los que dan 10 por 100 ó más.

34. Cualidades que se deben exigir al cok empleado en los hogares de las locomotoras.—El cok debe emplearse, en los hogares de locomotoras, en trozos gruesos; porque los menudos, como no tienen la propiedad aglutinante que en mayor ó menor escala poséen las hullas, tapan los inters-

ticios que dan paso al aire, y arrastrados, en parte, por la corriente enérgica del tiro, rozan fuertemente la tubería, destruyéndola, y aún pueden obstruir algunos tubos.

Por estas razones debe buscarse en el cok dureza tal, que no se fraccione por las operaciones de la carga en el tender, sacudimientos originados en la marcha, etc.

La proporcion de cenizas ha de ser débil, pues de lo contrario, quedan adheridas á las brasas, disminuyen la radiacion de calórico y tapan la entrada del aire.

Debe desecharse el cok sulfuroso, por los motivos expuestos en el número anterior; y el húmedo, porque en su combustion se pierde todo el calor necesario para la vaporizacion del agua.

35. Modo de conducir el fuego.—El cok arde sin llama, y para conservarle en ignicion, es preciso quemarlo en grandes masas y proporcionarle un tiro muy enérgico. Se dará, pues, á la carga de combustible mayor espesor que el asignado á la hulla, y sin inconvenientes, pues que no son de temer los desprendimientos de gases combustibles. No es prudente, sin embargo, exagerar la altura de la masa, porque se dificultará el paso del aire y la combustion será incompleta, formándose grandes cantidades de óxido de carbono. Un espesor de 5 á 6 decímetros puede considerarse como suficiente.

Claro está que no todos los hogares de locomotoras son adecuados al empleo del cok, por la altura de carga que exige. Los hogares profundos lo admiten, pero no los del tipo Belpaire, largos y poco profundos, situados casi á nivel de la portezuela del hogar y de la hilada inferior de tubos.

El cok debe cargarse en el hogar en trozos de mediano volúmen: muy gruesos, formarian bóveda; y demasiado pequeños, tienen los defectos señalados en el número precedente.

La masa de combustible ha de tener su mayor espesor

hácia la portezuela del hogar y ángulos inmediatos, presentando una superficie cóncava, cuyo centro se halle en la placa tubular (fila superior de tubos).

Las reglas expuestas para la conduccion del fuego, con la hulla, son aplicables al cok: el carbon fresco, cargado á pequeñas cantidades, se arroja á la parte posterior del hogar; pues si bien es cierto que no hay que temer el desprendimiento de gases combustibles, como el carburo de hidrógeno, lo hay, y abundante, de óxido de carbono, que se trasformará en ácido carbónico, antes de penetrar en la tubería, al contacto del aire caliente que atraviesa el carbon rojo situado cerca de la placa tubular. El mayor espesor de la capa de cok y la ausencia de escorias facilita la buena marcha del fuego, y no exige tanta vigilancia por parte del fogonero, ni abrir tan frecuentemente la portezuela del hogar, como en el caso de emplear hulla.

Los inconvenientes del cok, comparado con la hulla, son: principalmente, su precio elevado y el mayor deterioro de la tubería, por efecto de los rozamientos producidos por las partículas que arrastra el violento tiro exigido por la altura considerable de carga en el hogar.

36. Turba.—Procede de la descomposicion de plantas herbáceas: es ligera, esponjosa y de un moreno negruzco; pero su densidad é intensidad de color aumentan con la profundidad á que se hallan.

Hay muchas variedades de turba: la que se emplea comunmente como combustible es la llamada *de los pantanos*, que se encuentra en los terrenos pantanosos ó húmedos que han sido en un tiempo fondo de estanques ó lagos de agua dulce.

Se compone la turba de carbono, oxígeno, hidrógeno y cenizas: encierra una cantidad de agua bastante grande, que es conveniente hacer desaparecer por la desecacion, pues de lo contrario se pierde un buen número de calorías para evaporarla, al arder.

La turba arde lentamente; despide un olor picante, muy desagradable. No proporciona calor muy intenso; para conseguir, con turba mediana, los efectos de la hulla, hay que emplear doble cantidad cuando ménos.

En cambio es más fácil de conducir el fuego, porque no forma escorias; y por la menor temperatura que desarrolla, conserva mejor los cajones de fuego. Antes de quemar turba en el hogar de una máquina, es conveniente calentarlo con hulla, una hora antes.

En Alemania, especialmente en Baviera, suele emplearse la turba en las locomotoras, pero dándola mayor densidad por la presion. No será el combustible que con frecuencia pueda utilizarse en España, pues sólo se explota en la provincia de Santander y en cantidad muy insignificante.

Se fabrica carbon de turba, empleando los mismos dos métodos de destilacion y combustion conocidos para la hulla y madera. El carbon de turba posée mayor potencia calorífica que la turba de que procede, pero menor que la hulla.

37. Antracita.—Es el último término de la descomposicion sufrida por las plantas y árboles sepultados primitivamente. Es, pues, una especie de hulla muy seca, de un negro grisáceo y brillo metálico.

Contiene gran cantidad de carbono, pero arde con suma dificultad y no se enciende sino en grandes masas y á elevada temperatura.

En Norte-América suele emplearse para los hogares de locomotoras: la conduccion del fuego debe ser muy difícil, por lo perezoso de su combustion.

En España se obtiene la antracita en cantidades insignificantes.

38. Madera.—La madera se compone de *celulosa* y materia incrustante: la materia llamada celulosa es la que forma los vasos y celdas por donde circula la sávia ó materia incrustante.

La celulosa entra en mayor cantidad: su composicion es la misma para todas las maderas; carbono y oxígeno é hidrógeno en las proporciones que forman el agua. No tiene en realidad más materia combustible que el carbono; pues el hidrógeno, en presencia del oxígeno en las proporciones que acabamos de indicar, dará vapor de agua.

La sávia contiene carbono, agua de vegetacion y un exceso de hidrógeno: las proporciones son variables con la clase de madera.

El agua que contiene la madera representa una fraccion considerable del peso, mayor si se corta en la época de circulacion de la sávia. Se disminuye por la evaporacion, exponiéndola al aire, pero nunca se llega á la completa desecacion. Pierde todavía mayor cantidad de agua cuando se deseca artificialmente, por el calor, pero sin abandonarla por completo; y expuesta otra vez al aire húmedo, vuelve á absorber el agua hasta el equilibrio entre la capacidad de absorcion del aire y la naturaleza higroscópica de la madera.

Puesto que las maderas se componen principalmente de celulosa (cuya constitucion química es constante), puede decirse que su pòtencia calorífica es la misma, para todas las especies, á igualdad de peso y agua.

Segun Peclet, las maderas perfectamente desecadas artificialmente, tienen una potencia calorífica de 3600 calorías; y las desecadas al aire, que encierran todavía de 20 á 25 por 100 de agua, 2700 á 2800.

La potencia vaporizadora del pino de América es de $\frac{1}{2}$ á $\frac{2}{5}$ de la del buen cok.

Claro está que, cuanto mayor sea la cantidad de agua contenida en la madera, menor será su potencia calorífica, porque una parte se emplea en su evaporacion.

Clasifícanse las maderas por su densidad en *duras* y *com-*

pactas, como la encina, haya, etc., y *blandas* y *ligeras*, como el pino. Su extructura y dureza produce variedades en la combustion.

Todas las maderas arden con llama, por la inflamacion de los gases carburados que se desprenden por el calor, á semejanza de lo que en la turba y hulla sucede. Si las maderas son compactas, arden solamente en su superficie: el calor propagado al interior de la masa desprende los gases combustibles que arden en un principio, quedando despues tan sólo un carbon voluminoso y compacto, de combustion lenta y sin llama.

Las maderas ligeras arden con más rapidez, porque su porosidad permite la entrada del aire en el interior de la masa: la mayor parte del carbono que contienen se quema al mismo tiempo que los gases combustibles, quedando muy pequeña cantidad de carbon; así es que estas maderas dan llama durante casi toda la combustion.

Resumiendo: las maderas ligeras producen larga llama y elevada temperatura, miéntras que las duras sólo la producen al principio de la combustion, y de proporciones reducidas. Las primeras son, por lo tanto, preferibles para los hogares de locomotoras, así como para los demás casos en que la superficie de calefaccion sea de extension grande. En los Estados-Unidos de América se emplea el pino.

39. Conduccion del fuego.—Cualquiera que sea la madera empleada, conviene dividirla en trozos pequeños (sobre todo si es dura), y así se obtendrá mayor efecto calorífico, porque aumentándose la superficie de contacto con el aire, pasará éste con menor velocidad y más regularidad: en vez de una *combustion rápida* se obtendrá *lenta*, con mejor aprovechamiento del combustible.

La carga de leña en el hogar ha de ser de mayor altura que la de cualquiera otro combustible; pues por la facilidad de su inflamacion y la energía del tiro producido en las lo-

comotoras, hay la completa seguridad de proporcionar el aire necesario.

La madera ha de estar seca; pues mojada tarda más en arder y dá ménos calor, porque una parte del total se emplea en evaporar el agua, como ya sabemos.

La principal objecion hecha al empleo de la leña en los hogares de las locomotoras, es la de proporcionar vaporizacion irregular, porque la combustion lo es, en cuanto á la intensidad del calor desarrollado, como sucede á todos los combustibles ligeros.

Recordarémos que las chimeneas deben ser de forma especial, para evitar la proyeccion tan abundante de chispas que de otro modo tendria lugar.

MAQUINISTA

CAPÍTULO III.

PROBLEMAS SOBRE LA TRACCION.

40. Preliminares.—En todas las vías férreas llevan consigo los maquinistas cartillas impresas, llamadas *Libretes de carga*, que contienen los datos precisos sobre el número de toneladas de peso que sus máquinas pueden remolcar, á velocidades variables, en las diversas partes de la vía á cuyo servicio están afectos. Pero les es, sin embargo, de suma utilidad, saber resolver, en cualquier tiempo, los dos problemas siguientes:

1.° Dada una locomotora, determinar la carga que podrá remolcar, á una cierta velocidad, por vía conocida.

2.° (Inverso del 1.°) Conocida la carga que ha de ser remolcada, la velocidad y la vía de circulacion, determinar la potencia que ha de tener la locomotora remolcadora.

Cuando los *Libretes de carga* no existen, por verificarse la explotacion en circunstancias anormales, estos problemas han de resolverse á cada momento. Al tratar de su resolucion, darémos á conocer de paso la de otros, más sencillos todavía, que conducen al conocimiento perfecto de una máquina.

La potencia de una locomotora se mide por el trabajo que desarrolla, siendo los factores de éste la *fuerza de traccion* y la *velocidad.*

Recordarémos que la unidad de medida del trabajo de las fuerzas es el *Kilográmetro*, potencia necesaria para elevar un kilógramo á la altura de un metro, en un segundo. De esta unidad sólo se ha formado un múltiplo, el *caballo de vapor* (*), que equivale á 75 kilográmetros y representa el trabajo preciso para elevar 75 kilógramos á 1 metro de altura en 1″, ó 1 kilógramo á 75 metros de altura en el mismo tiempo: generalmente se supone lo primero. Segun esto, si se nos dice que una máquina de vapor tiene en sus émbolos la potencia de 1000 caballos de vapor, deducirémos que sería capaz de elevar á la altura de 1 metro en 1″, 75000 kilógramos ó sea 75 toneladas.

En una locomotora el trabajo debe medirse en la circunferencia de las ruedas motrices, y no al extremo de las barras de émbolo; porque la velocidad de traslacion, factor del trabajo, depende, á igual velocidad en el émbolo, del rádio de aquellas.

El vapor trabaja directamente en los cilindros, que son los órganos receptores; pero el trabajo de los émbolos no es

(*) La potencia de un caballo (animal) de fuerza media, es de 45 á 60 kilográmetros.

el utilizable, porque no se traslada íntegro á la circunferencia de las ruedas motrices, órganos operadores de la máquina, á causa de una gran parte absorbida por los rozamientos de todas las piezas que median desde los émbolos hasta el eje motor.

Además: no se utiliza, tampoco, toda la tension que el vapor tiene en la caldera: el trabajo calculado por las indicaciones del manómetro, y sin tener en cuenta las pérdidas de tension, los rozamientos, etc., se llama *trabajo teórico*, ó *potencia teórica*, y *potencia real* ó *efectiva*, la utilizable en la circunferencia de las ruedas motrices. *Potencia* ó *fuerza nominal* de una máquina es la potencia máxima real, que puede desarrollar, segun el constructor.

Sucede muy comunmente que la potencia máxima, efectiva, de una máquina, es mayor que la nominal dada por los constructores; porque éstos, para precaverse contra los incidentes imprevistos, calculan con exceso todas las partes de la máquina que influyen en algunos de los elementos del trabajo.

41. Presion del vapor sobre los émbolos.—Sabido nos es que la presion de una atmósfera sobre un cuadrado de $0^m,01$ de lado es de $1^k,033$; y sobre otro de 1 metro, segun esto, 10330 kilógramos

Fácil nos será, partiendo de estos datos, conocer la presion ejercida por el vapor, á una tension dada, en un émbolo de dimensiones conocidas.

Siendo a el número de atmósferas indicadoras de la tension del vapor, r el valor del rádio en centímetros y D el de la presion en kilógramos:

$$D = 1^k,033\,\pi\,r^2\,a \quad \text{ó} \quad D = 3^k,2446\,.\,a\,r^2 \qquad [a]$$

y si r está expresado en metros,

$$D = 10330\,\pi\,r^2\,a \quad \text{ó} \quad D = 32446{,}53\,.\,a\,r^2 \text{ kg.} \quad [b].$$

De cuyas sencillas fórmulas se puede deducir tambien el

valor de una cualquiera de las cantidades r ó a conociendo D y la otra.

Así, para una tension de 8 atmósferas y un rádio de $0^m,205$, D es igual á $32446,53 \times 8 \times 0,\overline{205}^2 = 10908$ kg.

É inversamente: la presion $D = 10908$ kilógramos causada en un émbolo de $0^m,205$ de rádio, sería producida por vapor á $\frac{D}{32446,53 \times 0,\overline{205}^2} = 8$ atmósferas.

El valor de la presion atmosférica suele expresarse tambien en medidas inglesas ó francesas.

En el primer caso equivale al peso de 14 libras sobre pulgada cuadrada, y en el segundo al de 15,44 libras en igual superficie.

Fácil es pasar de las presiones expresadas en kilógramos sobre metro cuadrado á las que lo están en libras francesas ó inglesas: basta conocer la relacion entre el kilógramo y la libra, el metro y la pulgada (*): por esta razon no nos detenemos más en tal detalle, manifestando, en conclusion, que la expresion en kilógramos por centímetro ó metro cuadrado es la más general.

Parecerá tal vez que se está en disposicion, con lo dicho, de conocer la presion ejercida en los émbolos de una máquina, por el vapor de la caldera (cuya tension nos dá el manómetro) obrando á plena admision: más no es así. La presion ejercida en el émbolo por el vapor que penetra por las lumbreras del cilindro, es menor que la que corresponderia á la tension del de la caldera si obrase inmediatamente sobre aquél.

Débese esta circunstancia:

(*) $\frac{\text{libra francesa}}{\text{kilógramo}} = 0,4895$ $\frac{\text{pulgada francesa}}{\text{metro}} = 0,027.$

$\frac{\text{libra inglesa}}{\text{kilógramo}} = 0,4535$ $\frac{\text{pulgada inglesa}}{\text{metro}} = 0,0254.$

1.° A las *contrapresiones* engendradas por la presion atmosférica, que ha de vencer el vapor de escape, y las dificultades que para la salida de éste oponen la débil anchura de las lumbreras y del tubo de escape cuando la válvula de este nombre estrecha su desembocadura.

2.° Al enfriamiento que experimenta el vapor cuando penetra en los cilindros, producido por sus paredes. Recordarémos que á cada temperatura corresponde tension distinta.

3.° Rozamientos en los tubos conductores, y recodos de los mismos; pérdidas y fugas en los cilindros.

4.° Laminacion que sufre el vapor al penetrar por las lumbreras, especialmente cuando son poco descubiertas, en la admision, por los distribuidores.

La pérdida de tension que experimenta el vapor al pasar de la caldera al cilindro, es apreciada por todos los autores, pero con números muy variables.

Se comprenderá desde luego la dificultad de asignar un coeficiente de correccion exacto, por la variabilidad de intensidad en máquinas distintas, y áun en una misma máquina, de las causas que influyen en su valor.

Así, por ejemplo, la reduccion considerable que experimenta la tension del vapor en la admision, laminándose, por decirlo así, al pasar por las lumbreras, es distinta segun el grado de expansion con que se le haga trabajar despues, porque variará al efecto la longitud de carrera del distribuidor, y con ella la abertura máxima de aquella.

La contrapresion, elemento muy influyente tambien, depende de la disposicion de los tubos de escape, que facilitarán más ó ménos la salida del vapor, y del grado de expansion de éste en el trabajo. Lo mismo podria decirse de otras várias causas, cuya influencia no es posible tener en cuenta exactamente.

Adoptarémos para valor de este coeficiente la cantidad 0,66, admitida tambien por varios ingenieros, sin perjuicio

de modificarlo en las aplicaciones, si las indicaciones de la práctica lo aconsejan.

Resulta, pues, que para calcular aproximadamente la presion efectiva que el vapor ejecuta sobre el émbolo, en la admision, hay que afectar con el coeficiente 0,66 el valor determinado por las indicaciones del manómetro.

La fórmula [*b*] será ahora

$$(^*)\ D = 21414{,}71\ a\ r^2 \quad [1].$$

Por ejemplo: si el manómetro acusa una tension de 8 atmósferas, y $r = 0^m{,}205$, la presion real en el émbolo será $D = 21414{,}71 \,.\, 8 \,.\, \overline{0{,}205}^2 = 7199{,}28$, durante el período de admision.

Con la fórmula [1] podrémos resolver los problemas inversos ya enunciados á propósito de la [*b*], todos bien sencillos por cierto.

42. Determinacion de los períodos de admision y expansion para los diversos puntos de palanca de cambio de marcha.—Se separa la locomotora del tender, desembragando el enganche correspondiente, y se levanta la tapadera anterior que cubre una de las cajas de distribucion, ó la única si es comun á los dos cilindros. Por medio de palancas se hace rodar lentamente la locomotora hasta que el émbolo correspondiente á la caja de distribucion abierta se encuentre en uno de los puntos muertos, en el anterior, por ejemplo. Fácilmente se reconoce por el interior cuándo está el émbolo en la posicion indicada, examinando los movimientos del extremo del vástago ó taco en las paralelas, y deteniendo la marcha lenta de la locomotora cuando éste empiece á retroceder.

En las máquinas en servicio, la carrera del émbolo se se-

(*) Supondrémos, en cuanto sigue, expresado en metros el valor del rádio.

ñala en las paralelas bien distintamente, por la brillantez de sus caras internas, producida por los engrases y rozamientos. La magnitud de la carrera es igual al doble del codo ó manivela del eje motor.

Una vez el émbolo en el punto muerto anterior, póngase la palanca de cambio en cualquiera de los puntos del medio arco anterior, si la máquina marchó ántes hácia adelante, ó del posterior si se la movió hácia atrás.

Segun los movimientos combinados del émbolo y distribuidor, éste debe hallarse próximamente en el punto medio de su carrera, y descubriendo con su borde anterior la lumbrera de admision (que es tambien la de delante) en una pequeña longitud correspondiente al avance á la admision (*).

Hágase de seguida caminar de nuevo lentamente la locomotora, con las palancas, en la direccion que traia: el émbolo retrocederá; el distribuidor retrocederá tambien, al principio, y avanzará despues, viniendo á cubrir con su borde anterior la lumbrera de admision, antes de que aquél haya terminado su carrera. Cuando la arista anterior del distribuidor coincida con la anterior tambien de la lumbrera de admision, se detiene la marcha: en este momento terminaria el período de admision y empezaria el de expansion si actuase el vapor. Midiendo en las paralelas el camino retrógrado recorrido por el émbolo desde su punto muerto anterior, tenemos la longitud de carrera correspondiente al citado período de admision, y el resto pertenecerá al de expansion.

Dos pequeños errores se cometen con este procedimiento: el uno, por defecto, en la admision, porque no se cuenta la que tiene lugar en el avance á la misma; y el otro por exce-

(*) Recordarémos que el avance á la admision varía, en la distribucion Stephenson, para los diversos puntos de palanca; pero que en todos casos es de muy pocos milímetros.

so, en la expansion, porque se prescinde del avance ó adelanto al escape.

Si estos avances son conocidos, la determinacion de los períodos conduce á resultados completamente exactos: si se desconocen, los errores son muy débiles, por ser los citados avances de 3 á 4 milímetros cuando más, y corresponder á ellos una muy pequeña parte de carrera del émbolo: podrán despreciarse sin inconveniente, tanto más cuanto que los problemas, á que se ha de aplicar como auxilio el presente, encierran causas de error de más entidad, y que en ellos sólo se busca resultados aproximados, nunca exactos, pues á ellos no conducen tampoco los cálculos más rigurosos.

Sin embargo: cuando el problema se aplique á la determinacion del esfuerzo tractor que el vapor produce en el émbolo, el primero de los errores señalados no existe. En efecto: durante el período de avance á la admision, el émbolo trabaja á contravapor; el verdadero esfuerzo de traccion empieza cuando el émbolo retrocede, á partir de uno de los puntos muertos.

En realidad no es necesario levantar la tapa de la caja de distribucion, pues los movimientos del distribuidor se conocen al exterior por los de su varilla. Colocado el émbolo en el punto muerto, y la palanca en el del arco de cambio, respecto del cual se quiere hacer la observacion, hágase una señal en la varilla del distribuidor, junto á uno de los cojinetes de las guias, por ejemplo: muévase la máquina, y cuando la varilla vuelva á esta posicion, la pestaña ó borde anterior del distribuidor estará en la situacion inicial; es decir, distante del borde de la lumbrera una cantidad igual al avance á la admision: hágase aún adelantar la varilla 2 ó 3 milímetros, para tenerla en cuenta, y ya puede medirse en la paralela la parte de carrera del émbolo que corresponderá al período de admision.

La determinacion de los períodos de admision y expan-

sion debe hacerse con preferencia, como es lógico, para los puntos de palanca á que ordinariamente trabajan las máquinas.

43. Período de admision y expansion correspondientes á un empleo económico del vapor.—A medida que se aumentan los puntos de palanca de cambio de marcha, crece la duracion del período de admision, pero el de expansion existe siempre, pues áun poniendo la palanca en el último punto no trabaja el vapor á plena presion sino en los 0,85 á 0,90 de carrera del émbolo.

Llámase *presion inicial* del vapor sobre el émbolo, á la que ejecuta durante la admision, y *presion final* la que corresponde á la última parte del período de expansion. La presion final debe ser suficiente para vencer la atmosférica, que se opone al escape. La presion inicial se determina fácilmente, aproximadamente, segun hemos visto en el número **41**, afectando con el coeficiente de reduccion 0,66 la tension en atmósferas que señala el manómetro.

Tampoco presenta dificultad alguna el conocimiento de la presion final. En el período de expansion, el vapor sigue, casi exactamente, la ley de Mariotte: las presiones, pues, en los diversos instantes, son distintas y van decreciendo en razon inversa al aumento de volúmen; es decir, de camino recorrido por el émbolo, pues la seccion trasversal del cilindro es constante.

Si es a la tension, en atmósferas, de la caldera, la presion inicial será de $D_i = 0{,}66 . a$ atmósferas; y la final D_f será dada por la siguiente proporcion, llamando C la carrera del émbolo y L la parte de ésta correspondiente á la admision:

$$C : L :: D_i : D_f = \frac{D_i L}{C}$$

ó

$$D_f = \frac{0{,}66 . a . L}{C} \quad [2].$$

Se vé, pues, que en cada máquina, para una misma tension del vapor en la caldera, la presion final es directamente proporcional á L, es decir, al período de admision.

Ahora bien: la presion final no está sujeta á más condicion que la de poder vencer la atmosférica. Esta condicion fija el límite inferior de su valor, que es de 1,5 á 2 atmósferas. Pero ¿y el superior?

Si la presion final es de crecido valor, se escapa el vapor á la atmósfera, cuando aún tiene tension para ejecutar mayor cantidad de trabajo análogo al que se le ha exigido: hay, pues, pérdida de fuerza, y, por lo tanto, de combustible y agua empleados en la formacion del agente motor perdido.

Considerada, pues, la cuestion bajo el punto de vista económico, que es de importancia vital para toda máquina, la presion final ha de aproximarse al límite inferior ántes apuntado. En la sencilla fórmula [2] puede verse que las disminuciones de valor de D_f suponen decrecimientos en a ó L, ó aumentos en C.

Conocidas nos son ya las ventajas de las calderas de alta presion en la locomocion por el vapor (primera parte, número **249**).

Con ménos volúmen de caldera se encierra mayor cantidad de vapor: el gasto es así inferior á la produccion, la vaporizacion es más regular, y la conduccion del fuego es más fácil. Lejos, pues, de pretender disminuir a, las tendencias son á aumentarlo; tendencias tan sólo subordinadas á la resistencia limitada de los palastros.

La carrera del émbolo no puede aumentarse inconsideradamente, pues le resultaria á éste velocidades excesivas por segundo, para las ordinarias de marcha de los trenes.

La solucion de la dificultad, admitiendo grandes tensiones de vapor en la caldera, y carreras moderadas en el émbolo, estriba en la disminucion de los valores de L, y así la resuelven los constructores: las locomotoras se distinguen

de las demás máquinas de vapor, por la elevada presion de éste, y por la gran amplitud concedida al período de admision, como con más detalles hemos tenido ocasion de observar en la primera parte.

Pues que la economía exige un valor de 1,5 á 2 atmósferas para la presion final, puede preguntarse cuál ha de ser la parte de carrera correspondiente á los períodos de admision y expansion, para conseguirlo, dada la tension a, señalada por el manómetro. La fórmula [2] resuelve la cuestion: de ella se despeja el valor de $L = \frac{D_f \cdot C}{0{,}66 \cdot a}$ siendo $D_f = 1{,}5$. Si $C = 0{,}60$ y $a = 8$ atmósferas, resulta para L un valor $\frac{1{,}5 \cdot 0{,}60}{0{,}66 \cdot 8} = 0^m{,}17$.

Las máquinas se construyen generalmente proporcionando las dimensiones de los cilindros de tal suerte, que al par que se obtiene un gran esfuerzo de traccion para el primer punto de palanca, con las elevadas tensiones admitidas en la caldera, venga á resultar el vapor de escape con la presion final de 1,5 atmósferas.

Si bien la marcha regular se efectúa así con la palanca de cambio en los primeros puntos, á partir del muerto, cuando los accidentes de la vía lo exigen, se dá más campo al período de admision, empleando más puntos de palanca: en una palabra, siempre queda para los casos extraordinarios una reserva de fuerza motriz.

Con el problema anterior hemos resuelto este otro: «Conocida la presion final, la carrera del émbolo, y la fraccion de ésta, correspondiente al período de admision, determinar la presion inicial, y por consecuencia la tension señalada por el manómetro.»

44. Tension de trabajo mínima.—Conviene tambien saber cuál es la menor tension que ha de señalar el manómetro para que la máquina funcione; es decir, para obtener el

movimiento rectilíneo alternativo de los émbolos. Es preciso, al efecto, que la presion final sea de 1,5 atmósferas cuando ménos; y segun manifiesta la fórmula [2], que en este caso se convierte en

$$1{,}5 = \frac{0{,}66 \,.\, a.\, L}{C};$$

al menor valor de a, tension, corresponde el máximo de L, que es de 0,85 C, segun se indicó en el número **43**. Resulta, pues:

$$1{,}5 = \frac{0{,}66 \,.\, 0{,}85\, C \,.\, a}{C} = 0{,}56 \,.\, a,$$

ó

$$a = \frac{1{,}5}{0{,}56} = 2{,}6.$$

Falta ahora comprobar, si con la presion de 2,6 atmósferas obtendrémos un esfuerzo tractor suficiente para hacer rodar la locomotora y tender, cuando ménos. Generalmente sí: sólo advertirémos que el valor de a encontrado, debe tomarse como un límite inferior que no debe aceptarse nunca por los inconvenientes que son inherentes al empleo de vapor á bajas presiones.

45. Presion del vapor en el émbolo, durante el período de expansion.—Pues que en el período de expansion las presiones son distintas en cada instante, forzoso es, para simplificar los cálculos, adoptar una *presion media* que, supuesta constante en dicho período, sustituya á las variables efectivas. La presion media se obtiene calculando un cierto número de presiones intermedias, entre la inicial y final, y dividiendo la suma de todas ellas por el número. Claro está que cuanto mayor sea éste, más nos aproximamos á la verdad: muchas veces, sin embargo, se toma únicamente la semisuma de las presiones inicial y final.

El cálculo de las presiones intermedias, se efectúa segun los mismos principios que han presidido á la determinacion

de la final, aplicando la ley de Mariotte. Podrémos, pues, emplear la fórmula [2] del número **43**: dividirémos en h partes la longitud de la parte de carrera C-L, que corresponde á la expansion, y sustituirémos en la fórmula citada á C por L, más el número de partes $\frac{C-L}{h}$ que considerémos: si representamos este número por t, será:

$$D_t = \frac{0{,}66 \,.\, a \,.\, L}{L + \frac{t(C-L)}{h}} = \frac{0{,}66 \,.\, aL \,.\, h}{Lh + t(C-L)} \quad [3].$$

Sea, por ejemplo, una caldera á 8 atmósferas de presion; la carrera del émbolo, de $0^m{,}60$; la parte referente á la admision de $0^m{,}20$: y dividamos la perteneciente á la expansion en diez partes.

Tendremos:

$$a = 8, \quad C = 0{,}60, \quad L = 0{,}20, \quad C\text{-}L = 0{,}40, \quad h = 10.$$

Resultará, para cada una de las diez divisiones los valores siguientes:

	Atmósferas.
$t = 1$. Presion inicial $D_1 = \frac{0{,}66 \,.\, 8 \times 10 \times 0{,}20}{2 + 0{,}40} = \frac{10{,}56}{2{,}40} =$	4,40
$t = 2$; $D_2 = \frac{10{,}56}{2{,}80}$	3,77
$t = 3$; $D_3 = \frac{10{,}56}{2 + 1{,}20} = \frac{10{,}56}{3{,}20} =$	3,30
$t = 4$	2,93
$t = 5$	2,64
$t = 6$	2,40
$t = 7$	2,20
$t = 8$	2,03
$t = 9$	1,88
$t = 10$. Presion final.	1,76

Sumando y dividiendo por 10, la presion media D_m resulta ser igual á 2,73 atmósferas.

La aplicacion de la fórmula [3] es muy sencilla: en todos los cálculos parciales, el numerador y el primer sumando del denominador, son constantes.

46. Conocida la velocidad de una máquina en kilómetros V, por hora, determinar la velocidad v en metros por segundo; el número n de vueltas del eje motor; el número n' de carreras del émbolo, y su velocidad v' en esta unidad de tiempo.—Puesto que una hora tiene 3600 segundos,

$$v = \frac{1000\,V}{3600} \quad \text{ó} \quad v = 0{,}277\,V \qquad [d]$$

Sea R el rádio, conocido siempre, de la rueda motriz:

$$n = \frac{v}{2\pi R} \quad \text{ó} \quad n = \frac{V}{22{,}67\,R} \qquad [e]$$

A cada vuelta del eje motor corresponden dos carreras del émbolo; luego

$$n' = \frac{V}{11{,}33\,R} \qquad [h]$$

Siendo C la longitud de carrera del émbolo, igual á $2\,m$, es decir, al duplo de la longitud de manivela m, expresada en metros, la velocidad de aquél por segundo se obtendrá multiplicando el número n' de carreras en este tiempo por la cantidad $2\,m$, y será:

$$v' = \frac{2\,m\,V}{11{,}33\,R} \quad \text{ó} \quad v' = \frac{m\,V}{5{,}66\,R} \quad \text{ó} \quad v' = \frac{C\,V}{11{,}33\,R} \qquad [l]$$

n y v' no pueden exceder de ciertos límites si se quiere velar por la conservacion del mecanismo: valores demasiado grandes de estas cantidades, comprometen, en efecto, la seguridad de la máquina, por los considerables esfuerzos destructores que la inercia de las piezas en movimiento créa y pro-

paga, y por la no ménos destructora accion de los rozamientos (*).

Mrs. Gaudry, Lechatellier y otros, asignan á n y v' los valores $2^m,5$ y 3 metros respectivamente, como límites superiores; pero son pequeños. Modernamente, en las líneas extranjeras, se alcanzan velocidades de 100 y 120 kilómetros por hora: en la del Great-Western, inglesa, segun los ingenieros Mrs. Brunnel y Gooch, se camina con frecuencia á 130 kilómetros. Suponiendo una máquina Crampton, marchando á 100 kilómetros, si las ruedas motrices tienen $1^m,05$ de rádio, les corresponde más de cuatro vueltas por segundo; y si la carrera del émbolo es de $0^m,50$, su velocidad será tambien superior á 4 metros.

Cierto es que estas máquinas están construidas con materiales escogidos: por esta razon adoptarémos para límites de n y v', en las máquinas ordinarias construidas para marchar á velocidades de 50 á 60 kilómetros cuando más, de 3 á 4. Las fórmulas [e] y [l] nos servirán, pues, para determinar si la velocidad V, asignada, es admisible: y recíprocamente, darán la velocidad máxima que una locomotora puede tener, en servicio constante, dentro de las condiciones de seguridad y conservacion del material, para valores de R y m.

47. Relacion entre velocidades y tiempos.—Fácilmente se calcula el tiempo que se tarda en recorrer una distancia de N kilómetros, á la velocidad V kilómetros por hora.

En recorrer 1 kilómetro se tardará. . . . $\frac{1}{V}$ de hora.

Y para las N. . . . . $\frac{N}{V}$ de hora.

(*) Aun admitiendo que los rozamientos son independientes de la velocidad, debe entenderse que esto es así para cada uno, en detalle; pero no cabe duda de que el número de rozamientos, y por consecuencia su accion destructora, depende del número de vueltas del eje motor; es decir, de la velocidad de la máquina, para valores constantes del rádio de la rueda motriz.

Fácil es tambien deducir que la velocidad correspondiente al recorrido de N kilómetros en el tiempo t horas, es:

$$V = \frac{N}{t}$$

48. Determinar el trabajo desarrollado por los émbolos para un punto de palanca dado.— Se encontrará, en primer término, la longitud de carrera que corresponde á los períodos de admision y expansion para el punto de palanca conocido (número **42**).

La fórmula [1] del número **41** nos dará la presion D_i en el período de admision. El trabajo durante este período será $D_i L$, puesto que L es la parte de carrera que le corresponde.

Se determinará la presion media D_m en la expansion (número **45**): el trabajo en este período será $D_m (C\text{-}L)$, que sumado con el anterior dá, para trabajo total de un émbolo en una carrera,

$$T' = D L + D_m (C\text{-}L);$$

y como en 1″ efectúa n' carreras, el trabajo en 1″ será

$$T'' = n' \{ D L + D_m (C\text{-}L) \}$$

ó sustituyendo el valor de n', y multiplicando por dos, para tener en cuenta los dos émbolos,

$$T = \frac{V}{5{,}66\ R} \{ D L + D_m (C\text{-}L) \},$$

valor expresado en kilográmetros: dividiéndolo por 75 se tendrá en caballos de vapor.

El esfuerzo de traccion F en los émbolos se obtiene dividiendo el trabajo T', en una carrera, por la longitud de ésta, C, y multiplicando el cociente por 2.

49. Trabajo efectivo de una locomotora en la circun-

ferencia de las ruedas motrices.—Consideradas como órganos operadores las ruedas motrices, en su circunferencia se desarrolla un trabajo que es el que realmente se aplica al arrastre del tren. Este trabajo es menor que el de los émbolos, calculado en el número anterior, y se comprenderá fácilmente, atendiendo á las *resistencias pasivas* de los órganos de trasformacion, que absorben una buena parte de aquél.

Constituyen las resistencias pasivas:

1.° Los rozamientos de los émbolos con las paredes interiores de los cilindros; de los vástagos con sus estoperas; del taco ó corredera de sus extremos, con las paralelas; de los cojinetes de las bielas motrices, y de las manguetas del eje motor; aros de las excéntricas; distribuidores en las tablas de las lumbreras, y varillas de los mismos en sus cajas de estopa.

2.° Inercia de todas estas piezas; pues sabido es que del trabajo que les ha sido comunicado pierden una cierta cantidad, bajo la forma de fuerza viva, en las disminuciones de velocidad y cambios de direccion. No restituirán, pues, al eje motor, todo el trabajo absorbido; y aún del que restituyen, una parte no despreciable se distrae en engendrar movimientos anormales, como son los de lanzadera, galope, etc. (Primera parte, número **264**).

3.° Vibraciones de los carriles, por las que se propaga una cierta cantidad de trabajo, que es perdido.

4.° Resistencia del aire al movimiento de los órganos de trasmision.

5.° Una parte de la fuerza tractora de los émbolos se comunica á las paralelas superior ó inferior, segun la direccion de la marcha (primera parte, número **130**), perpendicularmente á ella, empleándose en aumentar la intensidad de los movimientos de galope y balanceo.

6.° Por último: otra parte de los esfuerzos de la potencia

obra sobre el bastidor y partes fijas, relativas, de la máquina (es decir, las que no tienen otro movimiento que el de traslacion) dislocándolas y creando holguras.

Muy difícil sería determinar por el cálculo al valor de las resistencias pasivas: en la práctica se sigue otro método, de suficiente exactitud para el objeto.

Consiste en adoptar coeficientes de correccion que multiplican al valor teórico del trabajo: estos coeficientes se han deducido prácticamente de una larga série de experiencias, comparando el trabajo de los émbolos con el que resulta en la circunferencia de las ruedas motrices, medido con dinamómetros.

Representando por T_1 el trabajo en la circunferencia de las ruedas motrices; $T_1 = k\ T$, siendo k el coeficiente de correccion, menor que la unidad.

A propósito de la exactitud de estos coeficientes puede repetirse lo dicho en el número **41**. El trabajo de las resistencias pasivas no es proporcional, tan sólo, al de los émbolos, sino que varía con numerosos incidentes y circunstancias, tales como dimensiones y pesos de las piezas en movimiento, velocidades, naturaleza y cuidado de los engrases, etc., etc. El rozamiento del émbolo en el cilindro, por ejemplo, que es uno de los más importantes, crece proporcionalmente al cuadrado del diámetro, miéntras que el esfuerzo tractor, factor del trabajo, aumenta tan sólo en proporcion al cuadrado del rádio.

El grado distinto de oblicuidad en la biela, dá componentes distintas tambien perpendicularmente á las paralelas; la intensidad de los rozamientos varía, á igualdad de presion, con la superficie de rozamiento: el número de ejes acoplados hace variar las resistencias pasivas, pues que es distinta la cantidad de rozamientos de las manguetas de los ejes en las cajas de grasa, y de las muñequillas de acoplamiento dentro de los cojinetes de las bielas correspondientes; y así

podria enumerarse otras muchas causas que perturban la proporcionalidad supuesta entre el trabajo de los émbolos y el de la circunferencia de las ruedas motrices, al admitir un coeficiente de reduccion, constante, k.

Presentemos como valor aceptable de k el de 0,85, dado por Mr. Morin, y comprobado en la línea férrea de Barcelona á Zaragoza.

Tendrémos, pues, $T_1 = 0{,}85\ T$, ó sustituyendo el valor de T anterior,

$$[4]\ T_1 = \frac{0{,}85\ V}{5{,}66\ R}\ \{\ D\ L + D_m\ (C\text{-}L)\}$$

Obsérvese que para llegar á determinar el trabajo útil de la locomotora, deducido del calculado en vista de la tension que señala el manómetro y de las dimensiones de la máquina, hemos hecho uso de dos coeficientes de reduccion: el primero de 0,66, que tiene en cuenta el descenso de tension del vapor, de la caldera á los cilindros; y el 0,85 de las resistencias pasivas. En el valor de T_1 entra como factor el primero de estos coeficientes, pues lo es de D [fórmula 1], y de D_m (véase la fórmula [3] que nos ha servido para determinar D_m): segun esto el trabajo T_1 es igual al trabajo teórico, es decir, al que no tiene en cuenta ninguna disminucion, afectado de un coeficiente igual al producto de los dos anteriores; $0{,}66 \times 0{,}85 = 0{,}56$.

Muchos ingenieros y constructores comprenden en uno sólo los dos coeficientes, y al que resulta del producto le denominan *coeficiente de construccion*. El coeficiente de construccion es, pues, la relacion del efecto útil al teórico.

Guiados principalmente por las comparaciones prácticas, han deducido que el coeficiente de construccion se aproxima tanto más á la unidad cuanto mayor es la potencia teórica de la máquina.

Gaudry presenta la tabla siguiente de coeficientes de construccion para toda clase de máquinas de vapor.

1.°	Para máquinas pequeñas de ménos de 30 caballos de vapor.	0,40
2.°	De 30 á 100 caballos.	0,50
3.°	De más de 100 caballos.	0,60
4.°	De más de 600.	0,70
5.°	Para máquinas complicadas de fuerza media. . .	0,35

Segun esta tabla, para calcular el trabajo útil de una máquina de vapor, calcúlese el teórico, sin tomar en consideracion, ni las pérdidas de presion en los émbolos por la distribucion de tension, de la caldera al cilindro, contrapresiones, etc., ni las resistencias pasivas; y aféctese al resultado con el coeficiente que, segun la tabla anterior, le corresponde.

Estando comprendida la potencia de las locomotoras entre 100 y 600 caballos de vapor, la aplicacion de la tabla dá un coeficiente de construccion de 0,60, poco diferente del 0,56 que hemos obtenido anteriormente por el producto de los dos parciales que se habian considerado.

Ya se emplée el coeficiente de construccion, ó parcial, y sucesivamente, factores de él, con cuanto queda dicho se está en disposicion de determinar, por procedimientos sencillos, el trabajo útil de que es susceptible una locomotora. Insistirémos, sin embargo, en que los resultados no son sino aproximados, en razon de las múltiples causas de error que encierra el método; pero que la aproximacion es suficiente para los problemas de la traccion.

Ejemplo. Determinar el trabajo útil de una locomotora, con los datos siguientes:

$V = 55$ kilómetros.
$r = 0{,}205$
$C = 0{,}60$
$L = 0{,}20$
$a = 8$
$R = 0{,}840.$

La presion, en la admision, es $D = 7199^k,28$ (Ejemplo del número **41**).

La presion media, en atmósferas, es 2,73 (Ejemplo del número **45**), y á ella corresponde una presion en kilógramos, segun la fórmula [*b*], de $32446,5 \times 2,73 \times 0,\overline{205}^2 = 3721,61$.

El valor de $C\text{-}L = 0^m,60 - 0^m,20 = 0^m,40$;

el de $T_1 = \dfrac{0,85 \times 55}{5,66 \times 0,840} (7199,28 \times 0,20 + 3721,61 \times 0,40)$

ó

$T_1 = 28798$ kilográmetros $= 384$ caballos de vapor.

Advertirémos que el trabajo efectivo, determinado por la regla precedente, no es siempre el utilizable; para serlo tiene que satisfacer dos condiciones: la una relativa á la caldera (potencia de vaporizacion), y la otra referente á la locomotora considerada como vehículo *(adherencia)*. Respecto de la primera, dirémos: que para que el trabajo disponible en la circunferencia de las ruedas motrices sea utilizable, es preciso que pueda mantenerse durante un tiempo considerable (el que las máquinas inviertan en recorrer las secciones de vía confiadas á su servicio); y esto exige que el generador dé en cantidad suficiente el agente motor, el vapor; es decir, que la potencia vaporizadora de la caldera sea tal, que la produccion supere al consumo. De nada nos serviria, en efecto, que en la circunferencia de las ruedas motrices pueda obtenerse el trabajo T_1, á la velocidad V, con un punto de palanca dado, si en estas condiciones el generador no produce la cantidad de vapor suficiente para mantener la presion a, ó en otros términos, si produce ménos que gasta.

En cuanto á la segunda condicion ántes enunciada, la de la adherencia, objetarémos: que aunque las propiedades del generador lo permitan, el trabajo efectivo no siempre será utilizable, pues uno de sus factores, el esfuerzo de traccion,

tiene un límite superior, la *adherencia*, que no es posible exceder si se quiere evitar que las ruedas patinen, y conseguir el deseado movimiento de traslacion del tren.

Antes, pues, de admitir como trabajo utilizable el efectivo en la circunferencia de las ruedas motrices, es forzoso comprobar: primero, si la potencia de vaporizacion de la caldera es suficiente; segundo, si lo es tambien la adherencia.

Ambas comprobaciones se efectúan bien sencillamente, como expresan los números siguientes:

50. Relacion entre la produccion de vapor y el consumo, á la velocidad V, para un punto de palanca dado.— Supongamos conocida la potencia vaporizadora de la caldera, y sea de H kilógramos de vapor por hora (*). A la presion a de trabajo, dato del problema, un kilógramo de vapor tiene un volúmen conocido, A metros cúbicos. (La tabla del número **6**, capítulo I de la primera parte, dá estos volúmenes en litros; dividiendo por 1000 los tendrémos en metros cúbicos.)

En cada hora, el volúmen de vapor producido á la presion a, es, pues, de $H\,A = M^{m3}$.

El volúmen engendrado por el émbolo en cada carrera es $\pi\, r^2\, C$: si al punto de palanca dado corresponde la admision durante la fraccion de carrera $\frac{1}{k}$ (número **42**), en cada

(*) De no ser conocida, necesitamos, cuando ménos, saber ó encontrar la superficie de calefaccion total S, y admitir, como término medio, que la vaporizacion es de 40 kilógramos por hora y metro cuadrado de superficie de calefaccion; con la precaucion de reducir á 4 metros la longitud de la tubería, si fuera mayor, segun la idea enunciada en la primera parte, que dice que «más allá de 4 metros, puede considerarse que los tubos no añaden nada á la potencia de vaporizacion.» No es que estemos conformes en que pueda aceptarse una medida comun para la potencia de la vaporizacion, pero para el cálculo aproximado que nos ocupa, se puede admitir: H, segun esto, será igual á 40 S.

embolada se hará un gasto de vapor, por cilindro, $\frac{1}{k}\pi r^2 C$; y en los dos $\frac{2}{k}\pi r^2 C$.

Siendo el número n' de carreras por segundo igual á $\frac{V}{11{,}33\,R}$, en una hora será de $\frac{3600\,V}{11{,}33\,R} = 317{,}74\frac{V}{R}$: y el vapor gastado por hora

$$\frac{2\pi r^2 C \times 317{,}74\,V}{R\,k} \leqq HA, \text{ ó } \frac{1996\,r^2 \times C\,V}{R\,k} \leqq HA \quad [5]$$

Esta comprobacion, para valores de V comprendidos en losl ímites ordinarios, no es precisa en absoluto; pues para ellos la produccion es siempre mayor que el gasto, segun las dimensiones que los constructores asignan al generador y cilindros.

51. Peso total y adherente de una locomotora.—Adherencia y esfuerzo de traccion en la circunferencia de las ruedas motrices.—Comparacion.—El peso de una locomotora, si no es conocido de antemano, sólo puede determinarse exactamente en las básculas especiales de talleres.

Unicamente para el caso práctico en que sea imposible averiguar el peso de una locomotora, pueden admitirse los datos de la tabla adjunta, que suponen llenas de agua las calderas y de carbon los tenders.

Estos datos sólo pueden considerarse como aproximados.

MÁQUINAS DE VIAJEROS.

Máquinas de gran velocidad (superior á 60 kilómetros), sistema Crampton.	32 toneladas.
Tender.	20
Máquinas de velocidad media de 60 kilómetros (ruedas libres) y máquinas mixtas de dos ejes acoplados.	28
Tender..	16

MÁQUINAS DE MERCANCÍAS.

Máquinas de seis ruedas acopladas.	29 toneladas.
Tender..	18
Máquinas de ocho ruedas acopladas..	40
Tender..	22
Máquinas-tenders especiales de gran potencia.	60
Máquinas-tenders pequeñas para ramales cortos.	18
Máquinas pilotos.	25
Tender..	13

El peso que dá adherencia es el que carga sobre las ruedas motrices y las que le están acopladas. La reparticion de peso sobre ejes puede determinarse pesando la máquina en las básculas de talleres: para cuando se carezca de medios que conduzcan al conocimiento del peso que actúa sobre las ruedas, recordarémos las reglas de Clarkes sobre la reparticion (primera parte, número **283**). De ellas se podrá deducir aproximadamente la verdad, pues los constructores las siguen casi exactamente.

Máquinas de tres ejes libres, de peso inferior á 18 toneladas:

Eje delantero.	$\frac{3}{12}$ del peso total.
Motor..	$\frac{8}{12}$ idem.
Posterior..	$\frac{1}{12}$ idem.

Máquinas de tres ejes libres, de peso superior á 18 toneladas:

Eje delantero.	$\frac{1}{4}$ del peso total.
Motor.	12 toneladas.
Posterior..	El peso restante.

Máquinas de tres ejes, dos de ellos acoplados:

Eje libre. { Si es el delantero. . . $\frac{8}{12}$ del peso total.
Si es el posterior. . . $\frac{1}{12}$ idem.

Ejes acoplados. { La mitad del peso restante, en cada uno.

Si todos los ejes están acoplados, el peso adherente es igual al total.

Conocido el peso adherente, $P' = \frac{P}{n}$ fraccion $\frac{1}{n}$ del total, la adherencia viene dada por el producto $P' f$, siendo f el coeficiente de adherencia, que segun hemos visto en la primera parte (capítulo VIII, artículo 1.°, número **257**), tiene los valores siguientes:

$\frac{1}{5}$ en buen tiempo, con carriles secos, y para cuando se quiere admitir la carga máxima.

$\frac{1}{9}$ en invierno, ó en casos de lluvia menuda, y en todos tiempos en los túneles de gran longitud.

$\frac{1}{12}$ para casos aún más desfavorables; en los caminos hulleros, ó cuando los carriles están tapizados de hojas de árbol ú otra materia qué tenga algo de lubrificante.

$\frac{1}{7}$, como valor medio, cuando no existan estas circunstancias desfavorables.

Si en la fórmula [4] del trabajo dividimos por

$$\frac{1000\ V}{3600} = 0{,}277\ V = v,$$

velocidad en 1″, obtendrémos el valor de F', esfuerzo de traccion en la circunferencia de las ruedas motrices.

$$[6] \quad F' = \frac{1}{0{,}541\ R} \{ D\ L + D_m\ (C\text{-}L) \}$$

Sabido es ya (primera parte, número **260**), que debe verificarse $F' \overset{=}{<} P' f$.

De cumplirse esta desigualdad, podemos admitir como trabajo utilizable el T_1 de la fórmula [4]: si la adherencia es menor que F', sólo podrá tomarse el valor de ella como límite máximo del esfuerzo tractor; y el trabajo utilizable, máximo á la velocidad V (kilómetros por hora) será, por segundo, $T_1 = P' f . v$ ó $T_1 = 0{,}277\ V . P' f$, en kilográmetros, ó $\frac{0{,}277}{75}\ V . P' f$, en caballos de vapor.

Esta comprobacion es indispensable, sobre todo para puntos de palanca distantes del medio, ó muerto, pues generalmente el volúmen de los cilindros se determina en la práctica por la condicion de que el esfuerzo tractor, en una admision prolongada, con la presion normal de trabajo y estado ordinario de los carriles, produzca patinaje.

En el ejemplo del número **49**, si suponemos á P' un valor de 21000 kilógramos, y para f, coeficiente de adherencia, el valor $\frac{1}{10}$, tendremos:

$$F' = \frac{T_1}{v} = \frac{28798}{15{,}23} = 1890.$$

$$P' f = 2100.$$

Queda verificada la desigualdad $F' < P' f$.

52. Disminucion en rampa del esfuerzo de traccion.— Sea h el número de milímetros de la rampa, y α el ángulo de inclinacion: será $\tang \alpha = \frac{h}{1000}$.

El peso adherente ya no es el P', sino la componente de éste perpendicular á la vía, es decir, $P' \cos \alpha$, y con ella se deberá contar tan sólo.

Para los valores límites de α, admitidos en las vías férreas, $\cos \alpha$ tiene un valor muy próximo á la unidad; así es que la disminucion de peso adherente es casi insignificante, y nunca se tiene en cuenta.

53. Determinacion del peso de un tren.—El peso total de un tren comprende todos los vehículos de que consta, desde la locomotora inclusive, hasta el último wagon.

El peso total se divide en

1.° Peso muerto. .	Peso de la locomotora y tender. Peso de los carruajes vacíos.
2.° Peso útil. . . .	Peso de la carga.

Habiendo dado en el número anterior el peso medio de las locomotoras y tenders más comunes, resta ahora, para determinar el peso total del tren, conocer el de los carruajes, vacíos y cargados. Fácilmente se comprenderá la imposibilidad de dar cifras generales exactas para unos y otros, porque los pesos varían, no solamente de una línea á otra, sino tambien en una misma, segun la clase de vehículo y la naturaleza de la carga.

Si se trata de carruajes vacíos, el peso es variable: no ha de pesar lo mismo un *truck* ó una *plataforma*, que un *wagon-freno* ú otro cubierto, de barandas altas.

Con respecto á la carga, y teniendo en cuenta que los *gálibos*, ó plantillas, limitan la anchura y altura de la de los wagones descubiertos, para permitir su paso por los túneles, puentes cubiertos, etc., la naturaleza de la materia hace variar el peso: una carga máxima, en volúmen, de paja, no ha de compararse con otra de harinas, por ejemplo.

En la imposibilidad de pesar cada uno de los wagones de un tren, vamos á dar algunos datos (*), que sirvan de norma á un maquinista para calcular aproximadamente el peso que su máquina ha de arrastrar.

(*) Estos datos están copiados literalmente de los deducidos por el ingeniero Sans, consultando el material de las líneas férreas de Zaragoza á Pamplona y Barcelona, Norte y Mediodía.

TRENES DE VIAJEROS.

Peso medio de un carruaje vacío. . . .	5,9 toneladas.
Idem cargado al máximum.	8,8
Idem en los casos ordinarios.	7,4

TRENES DE MERCANCÍAS.

Peso medio de los wagones vacíos.	Wagones frenos. . . .	5,8 toneladas.
	Idem cubiertos.	5,4
	Idem barandas altas. .	4,8
	Idem plataformas. . .	4,2
	Peso medio general. .	5,3
Peso medio de un wagon cargado al máximum.		12,6
Idem idem de un tren ordinario.		10,5

54. Resistencia de un tren á la traccion.—Puesto que se ha determinado ya en los números anteriores el esfuerzo de traccion de que es susceptible una locomotora á una velocidad dada, se hace de todo punto indispensable conocer la fuerza resistente que está llamada á vencer; es decir, la resistencia del tren al movimiento. De este modo, comparando las expresiones de ambas fuerzas, podrán resolverse los dos principales problemas de la traccion: determinar la carga, dada la locomotora; y recíprocamente, conocida la carga, encontrar la locomotora que podrá remolcarla.

Las resistencias de los vehículos al movimiento, en rasante recta horizontal, se componen de los diversos elementos siguientes:

1.° Resistencia á la rodadura de las ruedas sobre los carriles.

2.° Resistencia á la resbaladura de las manguetas de los ejes dentro de los cojinetes de las cajas de grasa.

3.° Resistencias creadas por los choques de las ruedas en

los garrotes de las uniones de los carriles; por las vibraciones de la vía; y por los movimientos de lanzadera y cualesquiera otros anormales.

4.° Resistencia del aire.

5.° Resistencia del viento.

Examinarémos cada una de ellas en particular, fijándonos exclusivamente en los wagones.

1.° Resistencia debida al rozamiento de rodadura. Las leyes que rigen á este género de resistencia son mal conocidas; sólo está establecido en definitiva:

I. Que el rozamiento es proporcional á la presion en la superficie de rodadura, es decir, al peso que obra sobre el carril, y es independiente de la extension de dichas superficies.

II. Que depende de la magnitud del rádio de la rueda, pero ignorándose la exactitud de esta dependencia: segun unos, varía en razon inversa del diámetro; segun otros, en razon inversa de la raíz cuadrada de éste.

Lo único que de positivo se sabe es que disminuye la resistencia á la rodadura cuando aumenta el diámetro.

III. Que varía con la naturaleza y estado de las superficies en contacto, siendo menor cuanto mayor es la dureza, pulimento y lubrificacion de aquellas.

IV. Se crée que es independiente de la velocidad, pero en realidad se ignora su influencia. Resumiendo: la resistencia á la rodadura es proporcional al peso, pero depende al mismo tiempo de causas muy variables, cuya influencia, conocida imperfectamente en unas (como sucede con la magnitud del rádio, pulimento, dureza, etc., de los carriles), desconocida en otras (velocidad), es difícil de apreciar.

Si, pues, representado por P_1 el peso de la caja del carruaje y por p el de los ejes y ruedas, queremos determinar la resistencia á la rodadura, y, aceptando un coeficiente f, la representamos por la expresion $f(P_1 + p)$, aunque en el va-

lor de f se tenga en cuenta el rádio ordinario de las ruedas y el estado normal de los carriles, el resultado sólo puede ser aproximado.

2.° Resistencia á la resbaladura de las manguetas de los ejes dentro de los cojinetes de las cajas de grasa. El rozamiento de resbaladura, segun se ha indicado en distintas ocasiones en el curso de esta obra, es proporcional á la presion en las superficies en contacto é independiente de su extension; pero varía con la naturaleza y estado de estas superficies, y se crée que tambien con la velocidad, disminuyendo cuando ésta crece. Sin embargo: como la velocidad relativa de las manguetas con respecto á los cojinetes es pequeña, áun á las grandes velocidades de traslacion, puede considerarse el rozamiento como independiente de la velocidad.

Pero hay aún una causa influyente en el valor del rozamiento; y es, la magnitud del rádio de la mangueta. Sea R' el rádio de la rueda, y r' el de la mangueta: á un recorrido de la primera igual á $2\pi R'$, corresponde una resbaladura de la segunda en la longitud $2\pi r'$: de modo que á cada unidad de longitud que recorra aquella, resbala ésta la fraccion $\frac{r'}{R'}$ deducida de la proporcion $2\pi R' : 2\pi r' :: 1 : x$. El trabajo del rozamiento en la unidad de longitud de traslacion, y por consecuencia la resistencia, factor de aquél, depende de la relacion $\frac{r'}{R'}$; siendo tanto más pequeña cuanto menor sea r' y mayor R'. No tendrémos en cuenta, sin embargo, esta circunstancia, porque las magnitudes admitidas en las vías férreas para R' y r', difieren tan poco de una á otra línea, que hacen casi nulas las variaciones de la relacion $\frac{r'}{R'}$.

En definitiva: el rozamiento es proporcional á la carga: y llamando f' al coeficiente correspondiente, puede represen-

tarse por la expresion $f' P_1$; pero el resultado sólo debe considerarse como aproximado, al aceptar á f' como cantidad constante, porque la naturaleza de los metales, y especialmente la naturaleza y cuidado de los engrases, lo hace variar notablemente.

3.° Resistencias creadas por los choques con los carriles, vibraciones de la vía y movimientos anormales del carruaje. Tampoco están bien estudiadas ni definidas las leyes de estas resistencias: se las hace proporcionales á la cantidad de movimiento del wagon (masa multiplicada por velocidad); y en este concepto, dependerán del peso de aquél y de su velocidad: y llamando f'' al coeficiente correspondiente, tendrán por expresion $f'' (P_1 + p) V$.

Inútil parece señalar las causas del error que se comete al adoptar un valor constante para este coeficiente. El estado de conservacion de la vía influye poderosamente en la intensidad de los choques; su anchura en la estabilidad del carruaje, y por lo tanto en la amplitud de sus movimientos anormales: en las vías estrechas, las resistencias por este último concepto son mayores que en las anchas.

4.° Resistencia del aire. La resistencia del aire es proporcional:

I. Al cuadro de la velocidad.

II. A la proyeccion de la superficie del móvil sobre un plano normal á la direccion del movimiento.

Teniendo en cuenta tan sólo estas leyes, podria expresarse esta resistencia por la expresion $f'''. N V^2$, llamando f''' al coeficiente de resistencia, y N la proyeccion de la superficie anterior del wagon sobre un plano perpendicular á la vía. Pero si se trata de determinar la resistencia, no ya de un wagon solo, sino de un tren compuesto de muchos, la expresion anterior es errónea, porque la resistencia del aire se ejerce tambien, aunque con mucha ménos energía, sobre la superficie de todos los demás wagones que siguen al pri-

mero; y con la misma, en las ruedas de todos, animadas del doble movimiento de rotacion y traslacion. Además: las experiencias de Mr. Poirèe demuestran la influencia, en la resistencia, del número de wagones; porque el tren arrastra consigo en toda su longitud una masa de aire, cuyo rozamiento con el aire ambiente absorbe una cantidad de trabajo considerable. La fórmula anterior, segun esto, debiera, para ser exacta, ser funcion del número de carruajes y de la longitud total del tren.

5.° Resistencia del viento. No siendo constante esta causa de resistencia, no puede sumarse á las parciales ántes obtenidas, aunque sí tenerse en cuenta para cuando exista.

La intensidad y direccion del viento, así como la velocidad del tren, influyen poderosamente en el valor de la resistencia.

Cuando es de direccion igual á la del movimiento, lejos de ser resistencia disminuye las otras: en cambio si sopla de frente aumenta las resistencias ordinarias; y todavía produce efectos más perniciosos el viento oblícuo á la marcha, porque ejerce su accion sobre mayor superficie.

Segun las experiencias de Mr. Clark, cuando el viento sopla lateralmente con gran fuerza, las resistencias aumentan en un 30 por 100 para las vías extrechas, y en un 10 por 100 en las anchas.

Hé aquí la tabla que dió Mr. Morin como resultado de las experiencias que practicó en la vía férrea francesa de Saint-Germain, el año 1840, con un tren compuesto de cinco wagones.

VIENTOS.	Resistencia total, por tonelada, en kilógramos.	Número de experiencias.	Velocidades medias en kilómetros por hora.
Viento en sentido de la marcha..	5,05	12	18 á 25
Viento en direccion contraria..	8,20	10	Id.
Viento oblícuo, opuesto al movimiento, de velocidad próximamente igual á 3 metros por 1''..	5,52	4	40
	10,25		

Reasumamos cuanto se ha dejado dicho respecto á las cuatro primeras causas de resistencia.

Sumando las expresiones de sus valores resulta para resistencia al movimiento de un wagon:

$$f(P_1 + p) + f' P_1 + f''(P_1 + p) V + f''' N V^2.$$

En el segundo término podemos poner en vez de P_1, $P_1 + p$, con lo cual nos colocamos en condiciones algo más desfavorables, pero aumentamos la seguridad de que el esfuerzo de traccion vencerá las resistencias. La suma anterior será entónces, sacando $P_1 + p$ por factor comun,

$$(P_1 + p)\left\{(f + f') + f'' V + f\frac{f''' N V^2}{P_1 + p}\right\}.$$

Y si en vez de considerar un wagon solo, tomamos en cuenta todo un tren de peso M, la resistencia total R', será

$$R' = M\left\{(f + f') + f'' V + \frac{f''' N V^2}{M}\right\}$$

que nos dice que la resistencia se obtiene multiplicando el peso del tren por una suma de tres términos, de los cuales el primero es independiente de la velocidad, y corresponde á los rozamientos de rodadura y resbaladura; el segundo,

dependiente de la primera potencia de ésta, se refiere á la resistencia creada por los choques y vibraciones; y el tercero, funcion del cuadrado de la misma, tiene en cuenta la resistencia del aire.

R' representará la resistencia total siempre que M represente el peso total del tren, es decir, comprendiendo la máquina y tender, considerándolos como dos carruajes ordinarios, y así se hace en la práctica.

Es posible operar de este modo sin error sensible. En el movimiento de la máquina se engendran dos clases de resistencias: las de los órganos de trasmision, y las del vehículo, al rodar sobre carriles, como cualquier otro wagon.

Las primeras las hemos tenido en cuenta en el coeficiente 0,85 con que afectábamos el esfuerzo tractor y el trabajo del émbolo, para obtener los correspondientes en la circunferencia de las ruedas motrices: á partir de aquí, y empezando por el rozamiento de rodadura de las ruedas sobre carriles, se presentan las segundas resistencias, que habrá que comprender en las del tren para obtener las totales.

Muchos ingenieros han tratado de determinar valores constantes para f, f', f'' y f''', con objeto de deducir una fórmula aplicable en todos casos á la determinacion de la resistencia de un tren. No debe olvidarse que estas fórmulas nunca podrán ser exactas, sino aproximadas, pues en ellas sólo se tiene en cuenta el peso del tren, su velocidad y el área trasversal de un wagon; pero no se consideran de un modo explícito las siguientes causas, cuya variedad ejerce influencia en el resultado.

CAUSAS DEPENDIENTES DEL MATERIAL.

Diámetro de las ruedas.
Idem de las manguetas.
Naturaleza de los metales.

Materias lubrificadoras.
Construccion de la vía (ancha ó estrecha).
Forma de los carruajes.
Número de ellos para una misma carga.

CAUSAS ACCIDENTALES INDEPENDIENTES DEL MATERIAL.

Estado de solidez de la vía.
Idem de humedad de los carriles.

Claro está que en los valores de los coeficientes f de la fórmula se procura considerar y comprender el valor medio de las primeras causas, pero es de todo punto imposible atender á las segundas.

55. Fórmula de Harding.—Una fórmula de esta especie, muy seguida por los ingenieros, ha sido dada por el inglés Wyndham Harding: la copiamos á continuacion.

$$R' = T\left(2^{kg},72 + 0,094\ V + \frac{0,00484\ N\ V^2}{T} \right).$$

Siendo R' la resistencia total del tren, expresada en kilógramos.

V, la velocidad en kilómetros por hora.

N, la mayor seccion trasversal del tren.

En las aplicaciones, N se hace igual á 5 metros cuadrados.

T, el peso total del tren, en toneladas.

La resistencia R'' por tonelada de peso, será en kilógramos

$$R'' = 2^{kg},72 + 0,094\ V + \frac{0,00484\ N\ V^2}{T}.$$

El primer término del segundo miembro, independiente de V, corresponde á las resistencias provocadas por los rozamientos de las ruedas sobre carriles y de las manguetas de los ejes en los cojinetes.

El segundo término, funcion de la primera potencia de la velocidad, tiene en cuenta las resistencias debidas á los choques, vibraciones, movimientos anormales, etc.

Finalmente: el tercer término, que contiene el cuadrado de V, representa la resistencia del aire.

Con esta fórmula es bien sencillo calcular la resistencia de un tren en vía recta de nivel, conociendo su peso y la velocidad media de marcha.

Harémos algunas observaciones referentes á la aplicacion de la fórmula de Harding.

La fórmula está calculada para vías estrechas, en donde las resistencias debidas á los choques é instabilidad son mayores (por serlo esta última) que en las vías anchas, como la española. Por este concepto, los valores que dá son algo mayores que los verdaderos.

Pero por otra parte, en el último término, correspondiente á la resistencia del aire, no se tiene en cuenta más que la superficie trasversal máxima del tren, siendo así que, segun hemos indicado anteriormente, sobre todos los vehículos que lo componen se ejerce la dicha influencia, aunque con intensidades menores que en el de cabeza.

Segun esto, para trenes compuestos de un gran número de wagones la fórmula dará valores, por esta circunstancia, menores que los verdaderos; siendo tanto más sensible la diferencia, cuanto mayor sea la velocidad, pues que la resistencia crece segun su cuadrado. Por esto Mr. Poirèe, despues de haber comparado los resultados de sus experiencias con los de la fórmula de Harding, aconseja dar á N un valor de 7 metros para los trenes expréss de más de 50 kilómetros de velocidad, que arrastran en general pocos coches, y de 14 para los de 45 kilómetros, compuestos de un gran número de carruajes. Observarémos que el tercer término de la fórmula de que nos estamos ocupando, es siempre de pequeño valor comparado con los otros dos; de modo que sus

fluctuaciones tienen limitada influencia en el resultado final. No así el segundo término, que se refiere á los choques y vibraciones: para valores de V, de 30 kilómetros en adelante, es el mayor de los tres sumandos.

Segun la opinion de muchos ingenieros extranjeros, los resultados de la fórmula de Harding son algo elevados para las velocidades inferiores á 50 kilómetros; pero convienen con las que las experiencias directas acusan para velocidades de 50 á 100 kilómetros. Teniendo en cuenta que la vía española es más ancha que la mayor parte de las europeas, y que, en consecuencia, el segundo término de la fórmula dará valores demasiado grandes, las resistencias deducidas por ella han de ser algo mayores que las verdaderas, en todos casos.

Conformes con lo dicho en el número anterior, en la fórmula de Harding supondrémos que T representa el peso total del tren, incluyendo locomotora y tender; con lo que obtendrémos en R'' la resistencia total.

56. Fórmula de Clark.—Mr. Clark calcula la resistencia de los trenes por la fórmula

$$r = 2^{kg},72 + 0,00072\, v^2;$$

siendo r la resistencia, en kilógramos, por tonelada de peso del tren (*); y v la velocidad en kilómetros por hora.

(*) Incluimos la máquina y tender, pero considerados como carruajes cualesquiera: es decir, que no tomamos en consideracion las resistencias de los órganos de la máquina, por suponerlos comprendidos en el coeficiente 0,85.

Segun los ingenieros Vuillemin, Gebhar y Dieudonné no es posible aceptar una fórmula única para todos los casos, y han formado los dos grupos siguientes:

Primer grupo. Trenes de mercancías con velocidad de 12 á 32 kilómetros; curvas de gran rádio; rasantes de nivel; buen tiempo:

$R'' = 1,65 + 0,05\ V$. . . . . engrasado de aceite.

$R'' = 2,30 + 0,05\ V$. . . . . idem de grasa.

Mr. Clark justifica la ausencia del término dependiente de la primera potencia de la velocidad, manifestando que las resistencias debidas á los choques, vibraciones y oscilaciones de los carruajes, son proporcionales al cuadrado de v, y van comprendidas en el término referente á la resistencia del aire.

La fórmula de Clark está apropiada á vías anchas; pero sus resultados son inferiores á los directos de experiencia.

A continuacion damos una tabla de valores de resistencias, á distintas velocidades, en un tren de 100 toneladas (no comprendiendo la máquina y tender), calculadas por las fórmulas de Harding y Clark.

Segundo grupo. Trenes de toda clase; velocidad superior á 32 kilómetros; curvas de gran rádio; rasantes de nivel:

V de 32 á 50 kilómetros.. . . $R'' = 1{,}80 + 0{,}08\ V + \frac{0{,}009\ N\ V^2}{T}$

V de 50 á 65 kilómetros.. . . $R'' = 1{,}80 + 0{,}08\ V + \frac{0{,}006\ N\ V^2}{T}$

V de 70 en adelante.. . . . . $R'' = 1{,}80 + 0{,}14\ V + \frac{0{,}004\ N\ V^2}{T}$

Velocidad en kilómetros por hora.	Resistencia en kilógramos por tonelada, segun Clark.	Resistencia en kilógramos por tonelada, segun Harding	Resistencias adoptadas por el ingeniero Sans en la línea de Barcelona á Zaragoza.
15	2,88	4,18	TRENES DE MERCANCÍAS
20	3,00	4,70	
25	3,17	5,22	Velocidad menor de 10 kilómetros. . . 2,10 kilógramos por tonelada.
30	3,35	5,76	
35	3,61	6,30	
40	3,90	6,87	
45	4,20	7,44	Velocidad superior á 10 kilómetros. . . 4,5
50	4,54	8,02	
			TRENES MIXTOS.
55	4,93	8,62	6,10
60	5,35	9,23	
			VIAJEROS.
65	5,80	9,85	
70	6,30	10,48	
75	6,82	11,13	De 36 á 50 kilómetros por hora 7,7
80	7,40	11,79	
85	8,00	12,45	De 50 á 60. . . . 8,5
90	8,63	13,14	Mayor de 60. . . 10,0
95	9,30	13,84	
100	10,00	14,54	

Suponemos en la fórmula de Harding, $N = 5$.

57. Datos de experiencia.—Mrs. Gooch, Clark, Poirèe, Polonceau y otros muchos ingenieros, han hecho experiencias para determinar directamente la resistencia, en kilógramos, por tonelada de peso del tren remolcado, á velocidades variables, midiéndola con el dinamómetro unas veces, y dejando otras correr los wagones á lo largo de un plano inclinado, por la sola accion de la gravedad. Los resultados de estas experiencias son distintos: han servido, sin embargo, á Harding y Clark de auxilio para la determinacion de los coeficientes de sus fórmulas.

58. Resúmen.—Entre las fórmulas de Harding y Clark,

la primera dá resultados más aproximados que la segunda, y por esta razon es adoptada por muchos ingenieros. Puede, pues, emplearse, y su uso es sencillo. El ingeniero español D. P. Sans, en experiencias practicadas en la línea de Barcelona á Zaragoza, ha encontrado para valores de la resistencia los contenidos en la última columna de la tabla del número anterior: aunque inferiores á los de Harding, se aproximan más á ellos que á los de Clark, y son, en nuestro concepto, muy dignos de adoptarse; siendo dicha inferioridad la correccion que ántes indicamos era necesario imponer á los resultados que dá la fórmula de Harding.

59. Resistencias en rampa y en pendiente.—En rampa, el peso del tren tiene una componente paralela á la vía, que se suma á las resistencias ántes consideradas. Esta componente se obtiene (primera parte, capítulo VIII, artículo 3.°, número **275**), multiplicando el coeficiente de inclinacion, por el peso; llamando coeficiente de inclinacion á la relacion entre el cateto vertical y el horizontal del triángulo rectángulo, cuya hipotenusa es la rampa. Así: si la inclinacion es h milímetros por metro, el coeficiente vale $\frac{0^m,00h}{1}$ ó $\frac{h}{1000}$: y siendo T el peso del tren, la resistencia debida á la gravedad, en la rampa, será:

$$\frac{h}{1000} \cdot T \text{ toneladas} = \frac{T \text{ toneladas}}{1000} h ;$$

es decir, $T \cdot h$ kilógramos, ó sea h kilógramos por tonelada de peso.

La fórmula de Harding, modificada para comprender esta nueva resistencia, será

$$R'' = 2,72 + 0,094\ V + \frac{0,00484\ N\ V^2}{T} \pm h.$$

Afectamos el nuevo término h del doble signo, porque en

las pendientes, la componente de la gravedad favorece á la fuerza motriz y destruye una parte igual de las resistencias.

Ejemplo. Un tren mixto arrastrado por una locomotora de seis ruedas, estando cuatro de ellas acopladas, se compone de 10 wagones de mercancías cargados al máximo y seis de viajeros medianamente cargados.

Calcular la resistencia, en rampa de 6 milímetros, á la velocidad de 35 kilómetros por hora.

PESO TOTAL DEL TREN.

Locomotora.	28 toneladas.
Tender.	15,4
Diez wagones de mercancías, á 12,6 toneladas uno.	126
Seis idem de viajeros, á 7,4 toneladas uno. .	44,4
Valor de $T =$	213,8
Resistencia en kilógramos por tonelada de peso, valor del primer término de la fórmula de Harding.	2,72
2.°. . . . . 0,094 $V =$	3,29
3.°. . . . . $\frac{0,00484 \times 5\ V^2}{T} =$	0,13
4.°. . . . . $h =$	6
Valor de R''.	12,14
Resistencia total correspondiente á las 213,8 toneladas — R'. . . . . =	2595,53 kilógrs.
Si la rampa se convierte en pendiente tendrémos:	
Valor de los tres primeros términos de la fórmula.	6,14
$h =$ .. . . . . =	— 6
Valor de R'' . . .	0,14

Resistencia total del tren, $R' = 213^t,8 \times 0,14 = 29,93$ kilógrs.

Si en las mismas condiciones del problema anterior la pendiente es de 8 milímetros, el valor de R'' será igual á $6{,}14 - 8 = -1{,}86$; y la resistencia total, $R' = -397{,}66$, cantidad negativa que nos dice que, sin necesidad de emplear el vapor como agente motor, bajará el tren la pendiente por el sólo efecto de la gravedad con una fuerza constante de 397,66 kilógramos; y que para moderar la velocidad ó detener la marcha, será preciso acudir al auxilio de los frenos.

60. Valor, límite superior, de las rampas, para una locomotora dada.—Recordarémos que el esfuerzo de traccion no puede ser mayor que la adherencia.

El límite superior de inclinacion buscado corresponde al caso en que la fuerza de traccion máxima, es decir, la adherencia, equilibre la componente del peso de la locomotora, sola, en sentido de la rampa.

La componente del peso en direccion de la rampa es $P\,h$: la adherencia será dada, no ya por P' sino por su componente $P'\sqrt{1-h^2}$ (*), perpendicular á la vía, y tendrá por valor $P'f\sqrt{1-h^2}$.

Tendrémos en el límite:

$$P\,h = P'f\sqrt{1-h^2}\,;$$

de donde

$$h = \frac{P'f}{\sqrt{P^2 + P'^2 . f^2}}.$$

Si la locomotora tiene todos sus ejes acoplados será

$$P' = P \quad \text{y} \quad h = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}$$

(*) La componente es P' cos α (llamando α al ángulo de inclinacion), ó $P'.\sqrt{1-\text{sen}^2\,\alpha}$: y como α es tan pequeño, aún en el límite superior, podrá sustituirse su seno por la tangente h.

Dando á f el valor medio $\frac{1}{7}$, h será igual á $0^m,140$. Toda locomotora de adherencia completa, es decir, que tenga acoplados todos sus ejes, no podrá salvar rampas de 140 milímetros en adelante.

61. Resistencia en las curvas.—Ocioso sería repetir cuanto se dijo en la primera parte (capítulo VIII, artículo 3.°, número **276**), para probar la resistencia á la traccion en curvas. El hecho es que esta resistencia existe; y ya se vió que influyen en su valor causas muy variables, dependientes del material fijo y móvil, como son la separacion de ejes extremos en los carruajes, la holgura de la vía, elevacion del carril exterior, etc.; y otras agenas á ellos, como la velocidad de la marcha, etc.

Es de lamentar que no se haya determinado experimentalmente la resistencia al movimiento en curvas con la minuciosidad y esmero necesarios, tanto más, cuanto que dicha resistencia puede alcanzar valores considerables; como que llega á ser á veces el doble de la que corresponde á las alineaciones rectas, de nivel ó inclinadas.

Muy contadas é incompletas son las experiencias practicadas para la determinacion de coeficientes de resistencia en curvas. De las llevadas á cabo por Mr. Polonceau, con trenes de mercancías á la velocidad uniforme de 25 kilómetros por hora, se deduce que en curvas de 1500 metros de rádio la resistencia es sensiblemente la misma que en alineaciones rectas; y que para curvas de menor rádio, de nivel ó en rampa, hay que añadir á la resistencia que corresponderia en alineacion recta, horizontal ó de igual inclinacion que la curva, las cantidades siguientes, expresadas en kilógramos por tonelada:

Curvas de rádio igual á

1500m	0,00
1400	0,05
1300	0,15
1200	0,30
1100	0,50
1000	0,75
900	1,05
800	1,40
700	1,80
600	2,25
500	2,75
400	3,30
300	3,90

Así, pues, si la resistencia del tren en alineacion recta de nivel es de $6^k,20$ por tonelada de peso total, en curva horizontal de 600 metros, por ejemplo, será de $6^k,20 + 2,25 = 8,45$.

Y si, por ejemplo, la curva está en rampa de 8 milímetros, se calculará la resistencia en rasante recta de esta inclinacion: suponiendo sea de 10,30, la de la curva de 600 metros sería de $10,30 + 2,25 = 12,55$.

Desconocemos la influencia que la velocidad en la marcha ejercerá en las cifras de la tabla anterior. Todas las experiencias de Mr. Polonceau se hicieron á la misma velocidad de 25 kilómetros, ántes indicada.

Pero admitiendo las resistencias, por tonelada de peso, que marca la tabla anterior, y representando por h' el valor correspondiente al rádio de la curva, la fórmula de Harding sería:

$$R'' = 2,72 + 0,094\ V + \frac{0,00484\ N\ V^2}{T} \pm h + h'.$$

62. Potencia máxima de una locomotora.—Sería la que resultase de suponerle la máxima velocidad posible ($n = 4$ » $v' = 4^m$) con la presion mayor que la caldera permita, siendo tambien el período de admision el máximo que concede la potencia vaporizadora de la caldera (período que se determinaria encontrando el valor de $\frac{1}{k}$ en la fórmu-

la [5] del número **50**). Pero bien pronto con este trabajo continuado, la locomotora se destruiria: así es que por máxima potencia entenderémos el trabajo que desarrolla en las condiciones siguientes:

1.ª Presion máxima, permitida por el timbre de la calderà.

2.ª Velocidad ordinaria de marcha, segun la especie de locomotora.

3.ª Expansion ordinaria tambien.

63. Dada una locomotora, determinar el peso que podrá remolcar en vía conocida á la velocidad V (**kilómetros por hora**).—Aunque á la simple vista se puede reconocer si una locomotora está construida para grandes ó pequeñas velocidades (primera parte, números **260** y **261**) por el rádio de las ruedas motrices, número de ejes acoplados y dimension de los cilindros, es preciso comprobar si la V que se nos dá como dato del problema puede admitirse sin exceder de los límites asignados á la velocidad del émbolo y al número de vueltas del eje motor.

Se aplicarán al efecto las fórmulas [e] y [l] del número **46**: n y v' han de ser iguales á 3, ó comprendidos entre 3 y 4 cuando más.

Efectuada esta comprobacion, y conformes con lo manifestado en el número **49**, es preciso verificar si la potencia vaporizadora de la caldera puede suministrar el vapor necesario, con la tension de trabajo señalada por el manómetro, á la velocidad V de marcha. La fórmula [5] del número **50** resuelve la dificultad: recordando que en ella $\frac{1}{k}$ representa la fraccion de carrera C correspondiente á la admision, despejarémos el valor de k, única cantidad desconocida de la fórmula. Si k es menor que 1, prueba que $H\,A$, produccion, es mayor que $\frac{1996\,r^2\,C\,V}{R}$, consumo, suponiendo la admi-

sion de vapor en toda la carrera; y por lo tanto, habrá seguridad completa de que la vaporizacion es suficiente cuando se trabaje con un punto de palanca cualquiera. Si, por el contrario, k es mayor que la unidad, la fraccion $\frac{1}{k}$ nos indicará la magnitud del período de admision, límite; es decir (problema del número **42**), el punto de palanca más lejano del muerto á que se podrá trabajar, en marcha. Para los valores ordinarios de las velocidades y tensiones de vapor en las calderas, la potencia vaporizadora de éstas es más que suficiente.

En el caso de ser k mayor que la unidad, es preciso que la fraccion $\frac{1}{k}$ de la carrera no sea menor que la que corresponde al segundo punto de palanca; pues éste ó el primero son los empleados en marcha para un empleo económico del vapor (número **43**). Se calculará para los dichos puntos de palanca de contramarcha, por medio de las fórmulas [4] y [6] de los números **49** y **51**, los valores del trabajo útil de la locomotora, y de la fuerza F'' de traccion correspondiente.

Comparado el valor de F'' con el de la adherencia $P'f$, se tomará el menor de ellos como expresion del esfuerzo tractor (número **51**).

En el número **61** tenemos el valor de la resistencia R'' del tren al movimiento, expresado en kilógramos por tonelada de peso de éste. La resistencia total, siendo T el peso del tren, será TR'': y como el esfuerzo de traccion, tambien expresado en kilógramos, ha de ser igual á la resistencia total, podrá establecerse:

$$F' = T\left(2{,}72 + 0{,}094\ V + \frac{0{,}00484\ N\ V^2}{T} + h + h'\right),$$

correspondiendo los valores de h y h' á las rampas y curvas más pronunciadas del trayecto.

De aquí se deduce el valor del peso total del tren

$$T = \frac{F' - 0{,}00484\ N\ V^2}{2{,}72 + 0{,}094\ V + (h + h')}.$$

Y deduciendo el de la máquina y tender, que representarémos por $P + p$, tendrémos el valor

$$T - (P + p) = Q,$$

de los wagones que se puedan arrastrar, expresado en toneladas.

Fácil es determinar el número de wagones que han de componer el tren; segun que sea de viajeros ó mercancías, conociendo (número **53**) el peso máximo y medio de cada uno de ellos.

Si se aceptan los datos de la última columna de la tabla del número **56**, todavía es más sencilla la operacion. Sea u kilógramos la resistencia por tonelada que dá la tabla, á la velocidad V: dividiendo F' por $(u + h + h')$, el cociente dá el peso total del tren.

Ejemplo.—Determinar el número de carruajes de viajeros que á la velocidad de 55 kilómetros por hora, podrá arrastrar, en una vía que cuenta con curvas de 900 metros en rampas de 6 milímetros, una locomotora, cuyos datos son los siguientes:

Rádio del émbolo.	$r = 0^m{,}205$
Idem de las ruedas motrices.	$R = 0^m{,}840$
Longitud de carrera del émbolo.	$C = 0^m{,}600$
Tension máxima, señalada por el manómetro..	$a = 8$ atmósferas.
Peso total de la locomotora llena de agua	$P = 20000$ kilóg.
Idem adherente.	$P' = 21000$ kilóg.
Idem del tender cargado.	$P'' = 14000$ kilóg.
Superficie de calefaccion total.	$S = 110$ mts.cuad.

NÚMERO DE VUELTAS DEL EJE MOTOR Y VELOCIDAD DEL ÉMBOLO POR 1".

$$v = 0{,}277\ V \ldots\ldots\ldots\ldots \quad v = 0{,}277 \times 55 = 15^{m}{,}23$$

$$n = \frac{V}{22{,}67\ R} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad n = \frac{55}{22{,}67 \times 0{,}840} = 2{,}8$$

$$n' = \frac{V}{11{,}33\ R} \quad \text{ó} \quad n' = 2\,n \ldots \quad n = 5{,}6$$

$$v' = \frac{C\ V}{11{,}33\ R} \quad \text{ó} \quad v' = n'\ C \ldots \quad v' = 5{,}6 \times 0{,}60 = 3^{m}{,}36.$$

El número n de vueltas del eje motor 2,8, y la velocidad del émbolo $3^{m}{,}36$, son admisibles.

VERIFICACION DE LA POTENCIA VAPORIZADORA DE LA CALDERA.—CÁLCULO DE LA MAGNITUD POSIBLE DE LOS PERÍODOS DE ADMISION Y EXPANSION.—Siendo S, superficie total de calefaccion, igual á 110 metros cuadrados, el valor de H, número de kilógramos de vapor producidos por hora, á razon de 40 por metro cuadrado de aquella, será

$$H = 40 \,.\, 110 = 4400 \text{ kilógramos.}$$

A 8 atmósferas de tension, el volúmen A de un kilógramo de vapor, en metros cúbicos, es de $0^{m3}{,}251$. Primera parte, tabla del número **6**.)

$H\,A$, produccion de vapor, será, pues, igual á

$$4400 \times 0{,}251 \text{ metros cúbicos} = 1100^{m3}.$$

El gasto, admitiendo en la fraccion de carrera $\frac{C}{k}$ es número **50**)

$$\frac{1996\, r^2 \,.\, C\ V}{R\ k} = \frac{1}{k}\ \frac{1996 \times 0{,}\overline{205}^2 \times 0{,}60 \times 55}{0{,}840} = \frac{1}{k}\ .\ 3291.$$

Será, pues,

$$\frac{1}{k}\ 3291 \leqq 1100$$

de donde

$$\frac{1}{k} = \frac{1100}{3294} = \frac{1}{3}$$

próximamente.

Es decir, que la longitud de carrera L correspondiente al período de admision, ha de tener por límite superior $\frac{1}{3}\ C = \frac{1}{3}\ 0^m,60 = 0^m,20$; y como para el caso presente el valor de L para un empleo económico del vapor es de $0^m,17$ (véase en el número **43** la aplicacion de la fórmula $L = \frac{1,5\ C}{0,66\ a}$), podemos admitir este último valor sin inconveniente.

DETERMINACION DEL TRABAJO Y FUERZA DE TRACCION ÚTILES.—El trabajo por 1″ en la circunferencia de las ruedas motrices, determinado ya en el problema del número **49**, es

$$T_1 = 28798 \text{ kilográmetros.}$$

La fuerza de traccion efectiva, será

$$F' = \frac{T_1}{v} = \frac{28798 \text{ kilográmetros}}{15^m,23} = 1890 \text{ kilógramos.}$$

DETERMINACION DE LA ADHERENCIA Y COMPARACION CON EL ESFUERZO DE TRACCION.—El peso adherente $P' = 14000$ kilógramos.

Tomando para coeficiente de adherencia $f = \frac{1}{10}$, será:

$$\text{Adherencia} = P'f = 1400.$$

Siendo F' mayor que $P'f$, podemos tomar para valor de la fuerza de traccion los 1400 kilógramos de adherencia.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL TREN AL MOVIMIENTO.—Empleando la fórmula de Harding, harémos en ella:

$$V = 55, \quad N = 5, \quad h = 6, \quad h' = 1,40,$$

(tabla del número **61**: resistencias en las curvas), y será,

sustituyendo en la fórmula,

$$T = \frac{1890 - 0{,}00484 \times 5 \times \overline{55}^2}{2{,}72 + 0{,}094 \times 55 + 6 + 1{,}40}$$

ó $T = 122$ toneladas.

Y si se resta el peso de la máquina y tender, que es de 34 toneladas, quedan tan sólo 88 para el tren.

Pesando un carruaje de viajeros, término medio, 7,4 toneladas, se compondrá el tren de 11 wagones.

Si en vez de emplear la fórmula de Harding, tomamos desde luego los valores de la tabla del número **56**, tendrémos:

A la velocidad de 55 kilómetros por hora, la resistencia en kilógramos, por tonelada, es de.	8,5
A los 6 milímetros de rampa corresponde.	6
Y al rádio 800 metros de la curva.	1,4
Total de resistencia por tonelada de peso remolcado, kilógramos.	15,9

La máquina puede vencer una resistencia de $F' = 1890$ kilógramos, luego podrá arrastrar un tren de $\frac{1890}{15{,}9}$ toneladas $= 118$.

64. Empleo de la doble traccion.—Segun en el número anterior hemos visto, para reconocer si una locomotora dada podrá remolcar un tren de peso dado, no hay más que comparar la resistencia total R' con la adherencia $P' f$.

Si R' es mayor que $P' f$, será preciso apelar á la doble traccion. Al efecto, se sumará al peso total del tren el de la locomotora y tender nuevo: se determinará el valor que entónces alcanza la resistencia y se comparará, no ya con $2 . P' f$, como parece lógico, sino con $1{,}5 . P' f$. Débese esto á que dos máquinas iguales no desarrollan, en la práctica, doble esfuerzo que una sola, sino menor, por efecto de várias circunstancias, entre las que debemos señalar la difi-

cultad del comun acuerdo en los maquinistas. Tambien ha debido entrar por mucho en la inferioridad establecida en la práctica el cuidado por la conservacion de los enganches, que han de resistir el esfuerzo tractor sin romperse.

Si el peso del tren lo exige se emplean tres ó más máquinas; pero no deberá seguirse este procedimiento sino en casos muy particulares. En las condiciones ordinarias de una buena explotacion, se prefiere, como más ventajoso, la division de trenes á la adopcion de trenes demasiado largos, por la gran pérdida de fuerza motriz que resulta de éstos, sobre todo en las líneas de curvas numerosas y pronunciadas, y por el deterioro del material.

65. Formacion de los Libretes de carga.—En las aplicaciones prácticas, la determinacion de la carga que puede remolcar una locomotora dada, como indica el problema anterior, conduciria á resultados muy desfavorables para la explotacion de una línea férrea. En efecto: se ha resuelto el problema tomando sólo en consideracion el tránsito del tren por una curva en rampa de $0^m,006$; pero la vía no se halla en este caso en toda su extension, sino que tendrá rasantes de nivel, pendientes, etc.

El problema que ha de resolverse, es el siguiente. Determinar la carga que podrá arrastrar un tren, á la velocidad media (no constante) de V kilómetros, en una vía en que la rampa de máxima inclinacion es de 6 milímetros, y está en curva de 800 metros de rádio.

Si la línea tiene pendientes, en ellas se podrá alcanzar mayor velocidad que V, sin inconveniente, pues la resistencia será menor en ellas, así como el consumo de vapor; y entónces podrá disminuirse la velocidad en el paso por la rampa, con lo cual aumentará el peso del tren remolcado; pues el esfuerzo de traccion $F' = \frac{T_1}{v}$, es tanto mayor cuanto menor sea v.

Sólo habrá que calcular con cuidado esta disminucion de velocidad en la rampa, para que con el aumento de ella en la pendiente venga á resultar la velocidad media deseada.

Este cálculo es muy sencillo.

Supongamos que en un trayecto de 30 kilómetros, la vía presenta los incidentes siguientes:

Del primer kilómetro al décimo, rampa de $0^m,006$, con curvas cuyo menor rádio es de 800 metros.

Del décimo al vigésimo cuarto, pendiente de $0^m,005$.

Del vigésimo cuarto al trigésimo, rasante horizontal.

La velocidad media en el trayecto, ha de ser de 55 kilómetros por hora. En los 14 kilómetros de pendiente, se puede llevar hasta 65, y conservar en los 6 kilómetros de rasante de nivel la de 55: para determinar la que ha de aceptarse para franquear los 10 kilómetros de rampa, tenemos, llamando x á esta velocidad:

Tiempo que se tardará en franquear la rampa. (Problema del número **47**). . . . . $\frac{10}{x}$

Idem id. en la pendiente. . . . . $\frac{14}{65}$

Idem id. en la rasante horizontal. . . . . $\frac{6}{55}$

A la velocidad media de 55 kilómetros se debe tardar, para recorrer los 30 del trayecto. . . . . $\frac{30}{55}$

La suma de las tres primeras cantidades ha de ser igual á la cuarta. La ecuacion

$$\frac{10}{x} + \frac{14}{65} + \frac{6}{55} = \frac{30}{55}$$

sirve para determinar x, que en este caso resulta igual á 47 kilómetros.

Ahora bien: á igualdad de trabajo los esfuerzos de traccion son inversamente proporcionales á las velocidades: llamando F'_1 al correspondiente á la velocidad de 47 kilómetros, tendrémos:

$$F' : F'_1 :: 47 : 55 \quad ó \quad F'_1 = \frac{55}{47} \cdot F' = \frac{55}{47} \cdot 1890 = 2212;$$

y siendo de 15,9 kilógramos la resistencia del tren por tonelada, el peso que se puede remolcar será de $\frac{2212}{15,9} = 139$ toneladas. Restando las 34 que pesan la máquina y tender, queda para los carruajes 105 toneladas; es decir, $\frac{105}{7,4} = 14$ wagones próximamente, en vez de los once del problema anterior.

Por este cálculo sencillo se puede determinar las cargas que puede arrastrar una máquina á diversas velocidades medias, para las secciones várias de una línea. Es preciso estudiar bien los perfiles y planos de cada seccion, para hacer el tanteo de las velocidades que pueden admitirse en las rasantes de nivel y pendientes, con objeto de reducir la de las rampas.

El número y longitud de las secciones en que se divide una línea, llamadas *secciones de carga*, por el objeto de la division, depende de los incidentes de la vía, en perfil y plano.

Para obtener la velocidad media efectiva, hay que sumar á la de marcha:

1.° Minuto y medio por estacion, para tomar velocidad á la salida.

2.° Otro tanto para perder velocidad en las paradas.

3.° Las paradas en cada estacion, fijadas de antemano.

4.° Un minuto por cada detencion sin parada.

El método ántes expuesto no es el único para determinar las relaciones de carga y velocidad en las secciones. Otro

muy seguido por los ingenieros de la traccion, consiste en sustituir, para el cálculo, el perfil longitudinal de cada seccion por una rampa ficticia de la misma longitud, pero sin curvas, de inclinacion constante; y tal, que la misma máquina remolcase sobre ella la misma carga en el mismo tiempo, con velocidad uniforme inferior á la velocidad real correspondiente á las rampas débiles, y superior á la velocidad real en las fuertes. Las rampas ficticias, en cada seccion, son distintas para cada uno de los dos sentidos de la marcha.

La operacion es delicada, un tanto arbitraria en sus detalles, y exige el conocimiento perfecto de la vía y de los recursos que un buen maquinista tiene disponibles.

No entramos en más detalles sobre este procedimiento, pues para nuestro objeto basta con el expuesto anteriormente, más sencillo.

Cualquiera que sea el método seguido, se forma, con los resultados, tablas que componen lo que se llama *Libretes de carga*: en ellos se expresa, para cada série ó tipo de máquina, las cargas que puede arrastrar á diversas velocidades: cada maquinista tiene en su poder un ejemplar.

A continuacion trasladamos algunas páginas de los *Libretes de carga* formados en la vía férrea de Madrid á Zaragoza y Alicante, y las instrucciones que contienen, de sumo interés.

Despues del articulado de las instrucciones figura un índice general de las páginas del *Librete*, en que están comprendidas las tablas de cargas para cada seccion de las en que se ha dividido la línea.

Los diversos tipos de máquina forman grupos ó séries: en cada série están, pues, comprendidas, siguiendo la numeracion general, las máquinas de un mismo tipo.

COMPAÑÍA DE LOS FERRO-CARRILES

DE MADRID Á ZARAGOZA Y Á ALICANTE.

Explotacion.

SERVICIO DEL MATERIAL y de la traccion.

N.º 27.

INSTRUCCION

PARA EL USO DEL LIBRETE QUE FIJA LAS CARGAS

DE LAS MÁQUINAS.

ARTÍCULO PRIMERO. La carga de un tren se expresa en toneladas, y representa el peso de los vehículos y de la carga útil.

Los pesos que han de tomarse en el tonelaje de los trenes para las máquinas frias y para los vehículos, son los siguientes:

1.º *Máquinas* de cualquier tipo. . . . . 34 toneladas.
Tenders de cualquier tipo. 16

2.º *Vehículos*. Para facilitar sus cálculos á los Depósitos y Estaciones, se asimilán los furgones á la clase de vehículos que forman el tren; así, se contarán en la aplicacion:

A LOS TRENES DE VIAJEROS.

Los coches y furgones por. . . . . 8 toneladas.
Los wagones cargados. 12
Idem vacíos. 8

Los wagones que se pongan en los trenes de viajeros de gran velocidad, sólo se cargarán con 7 toneladas, debiendo conducir únicamente equipajes, ó las mercancías que se comprendan en las séries de *tarifas* que se fijarán ulteriormente.

A LOS TRENES DE MERCANCÍAS.

Los wagones cargados, comprendiendo los furgones. 12 toneladas.
Los wagones vacíos se contarán en la proporcion de
3 vacíos por cada 2 cargados.. 8

Se admite como peso medio de un wagon cargado 12 toneladas (5 *toneladas el wagon vacío, y 7 toneladas la carga útil);* sin embargo, si el término medio de la carga útil de los wagones de un tren fuese sensiblemente inferior ó superior á 7 toneladas, deberá aumen-

tarse ó disminuirse proporcionalmente el número de wagones. En este caso el tonelaje útil se saca de las hojas de cargamento, tomado en toneladas, y despreciando las fracciones inferiores á 500 kilógramos, contando por una tonelada cada fraccion superior á 500 kilógramos y considerando uniformemente la tara de los wagones por 5 toneladas.

ART. 2.° La carga que una máquina puede remolcar varía con el tipo de la máquina, con la seccion de la línea, con la velocidad del tren, y por último, con el estado atmosférico.

ART. 3.° El siguiente *Librete* indica la carga que puede remolcarse en cada seccion de carga, para cada tipo de máquinas, y para todas las velocidades, aumentando éstas de 5 en 5 kilómetros, hasta 50 por hora.

A cada seccion de carga se consagra en este *Librete* una página doble dividida en dos cuadros, una para la carga de los trenes pares, y la otra para la carga de los impares de la misma seccion.

Los tipos de las máquinas están inscritos en la primera columna vertical; las velocidades de los trenes en la primera columna horizontal, y las cargas correspondientes á los tipos de las máquinas y á las velocidades sobre la seccion que se considera, están inscritas en el encuentro de la línea en que se halla el tipo de la máquina, con la columna á cuya cabeza se ha puesto la velocidad elegida; debajo de la cifra que expresa la carga en toneladas, se halla la que indica el número de vehículos de 8 toneladas, para los trenes de viajeros, y 12 para los de mercancías.

ART. 4.° En las secciones en que el declive es bastante grande, para que los trenes desciendan tan sólo por la fuerza de la gravedad, se ha indicado *carga máxima.*

La carga máxima para los trenes de viajeros no puede exceder de 24 vehículos vacíos ó cargados; para los trenes de mercancías, el número de wagones cargados ó vacíos, sea el que quiera el número de las máquinas, será á lo más de 50 wagones.

En estas secciones, las cargas se limitan por el número de frenos ocupados, en la forma que se fija en una órden especial.

ART. 5.° Con el objeto de simplificar el *Librete*, se han adoptado secciones de carga bastante largas, en las que las diferencias de rampas son á veces bastante sensibles; pero hemos admitido para aumentar la carga constante del tren, que la velocidad en una misma seccion debe variar con la dificultad de la línea.

La velocidad establecida en el *Librete*, representa la velocidad media de la seccion de carga que se obtiene dividiendo la distancia recorrida (en kilómetros) por el tiempo (en horas) del trayecto, deduciendo de antemano:

1.° Un minuto y medio por cada salida para tomar velocidad.

2.° Idem á cada parada para perder velocidad.

3.° El tiempo de parada fijado para cada estacion, en que el tren debe pararse para el servicio.

4.° Un minuto por cada detencion sin parada.

Las marchas tipográficas de los trenes indicarán en lo sucesivo, por secciones de carga, la velocidad media del tren, calculada como queda dicho.

La hora de paso de los trenes por las estaciones, en las secciones de perfiles variables, se fijarán de modo que se tenga en cuenta las variaciones de velocidad necesaria para remolcar el máximum de carga á una velocidad media escogida.

ART. 6.° Se admite que cuando dos ó várias máquinas remolcan un tren, la carga límite de éste es próximamente igual á la suma de las cargas límites de cada una de las máquinas.

ART. 7.° Los Jefes de Estacion de formacion de trenes deben ser avisados en tiempo oportuno por la *Traccion*, del tipo de las máquinas que deben remolcar los trenes.

Este aviso puede darse á principio de cada servicio para los trenes regulares.

Los Jefes de Depósito deben avisar especialmente á los Jefes de las Estaciones en que se forman los trenes:

1.° De las modificaciones hechas en el turno de las máquinas en el curso de cada servicio sobre el que se comunicó al establecerlo, y de la vuelta de las máquinas que permitan reforzar la carga.

2.° Del tipo de las máquinas encargadas de remolcar los trenes suplementarios ó especiales.

Los avisos especiales del Jefe de Depósito para los casos precedentes, deberán darse al Jefe de estacion dos horas antes, cuando ménos, de la fijada para la salida del tren.

ART. 8.° Las cargas inscritas en el *Librete* corresponden á un buen tiempo y á un buen estado de los carriles.

Pueden hacerse á estas cargas:

1.° *Reducciones permanentes hechas por el Ingeniero Jefe para toda una Estacion, y á consecuencia de la proposicion hecha por el Ingeniero de Traccion.*

2.° *Reducciones temporales ó excepcionales hechas por los Jefes de Depósito.*

ART. 9.° Las reducciones permanentes sólo deben aplicarse en casos extraños, cuando se pruebe que las condiciones atmosféricas ú otras causas no permitan remolcar las cargas normales. Estas reducciones se hacen á la vez sobre todas las cargas de la seccion, y por fracciones de 0,10, 0,15, 0,20 de las cargas. Jamás excederán de 0,20.

ART. 10. El Ingeniero de Traccion propone al Ingeniero Jefe

estas reducciones, que si hay lugar, las aprueba y dá aviso á los servicios de Explotacion y Tráfico.

El aviso indica:

1.° *La época en que deberá empezar la reduccion.*

2.° *Los servicios en que se aplica.*

3.° *La cifra de reduccion que se adopte.*

ART. 11. Cuando las circunstancias motiven la supresion ó la modificacion de la reduccion, se dará un nuevo aviso por el Ingeniero Jefe del Material y Traccion á los servicios interesados.

ART. 12. Cuando por una causa especial imprevista, tal como la nieve, la escarcha, la tempestad, etc., el Jefe del Depósito juzgue que la carga normal, ó la que ya ha tenido reduccion permanente, debe sufrir una reduccion excepcional para una seccion próxima, dá aviso inmediatamente al Jefe de Estacion por medio del impreso (Modelo *H*, número 120).

Este aviso debe indicar:

1.° *La fecha normal y el número del tren que ha de reducirse.*

2.° *El coeficiente de reduccion excepcional.*

3.° *El motivo de esta reduccion.*

Los coeficientes de reduccion excepcional crecen de cinco en cinco céntimos (0,05, 0,10, 0,15, 0,20), sin más límites que la apreciacion del Jefe de Depósito.

ART. 13. La reduccion excepcional comprende, para el tren en cuestion, la reduccion permanente que anula, y á la que sustituye. Por la vía gerárquica se trasmitirá al Ingeniero Jefe por el Jefe de Depósito, un aviso por duplicado de la reduccion excepcional.

ART. 14. Las reducciones permanentes ó excepcionales, sólo deben pedirse en los casos de verdadera necesidad.

Los agentes de la traccion deben esforzarse constantemente en obtener á un mismo tiempo la regularidad en la marcha y el aprovechamiento de las máquinas en cuanto sea posible.

ART. 15. Los Jefes de Depósito y de reserva pueden, bajo su responsabilidad, aumentar las cargas indicadas en el *Librete*, siempre que lo juzguen conveniente.

Cuando se presente en una estacion intermedia en que no haya depósito, la necesidad de un aumento de carga, el Jefe de la Estacion puede requerir al Maquinista sobre la aceptacion de este aumento, y éste puede rehusarla siempre que las circunstancias correspondientes al estado atmosférico, ó á la composicion del tren, ó al estado de la máquina, basten á justificar su negativa.

ART. 16. Recíprocamente, cuando por una causa imprevista se presente la necesidad de la reduccion de carga en un punto de la seccion en que no se halle Depósito, el Maquinista puede requerir del Jefe de Estacion ó del Jefe de tren la reduccion de la carga que

remolca. Como en el caso anterior, la peticion del Maquinista se consigna en el *Boletin de Traccion*, y se trasmite por la vía gerárquica al Ingeniero de Traccion, que la estima.

ART. 17. Quedan derogadas las órdenes siguientes de la Direccion general, á saber: Número 30, del 25 de Agosto de 1862; número 59, del 5 de Agosto del 63; número 63, del 17 de Enero del 64, y la número 89, del 22 de Junio del 65. La presente órden sustituye á la órden de la Direccion, número 27, de 22 de Setiembre de 1866.

Madrid, 24 de Julio de 1867.

Aprobado.

El Director de la Explotacion,

LE MASSON.

Propuesto por

El Jefe del Material y Traccion,

LE FRANÇOIS.

INDICE GENERAL.

SECCIONES.	SECCIONES.
LÍNEA DE MADRID Á ALICANTE.	LÍNEA DE CHINCHILLA Á CARTAGENA.
Madrid á Aranjuez. . . . 2 Aranjuez á Madrid. . . . 3 Aranjuez á Alcázar. . . . 4 Alcázar á Aranjuez. . . . 5 Alcázar á Albacete. . . . 6	
VÍA DEL PUERTO (DE ALICANTE).	RAMAL DE ALCÁZAR Á CIUDAD-REAL.
RAMAL DE CASTILLEJO Á TOLEDO.	LÍNEA DE ALCÁZAR Á CÓRDOBA.
LÍNEA DE MADRID Á ZARAGOZA.	

Baides á Arcos. — 28 — RAMPA FICTIVA-11.*

CARGAS *en toneladas que pueden remolcar las máquinas de los diferentes tipos, á várias velocidades.—(Deducido el peso de la máquina y tender.)*

	15	20	25	30	35	40	45	50	55
MÁQUINAS de cuatro ruedas acopladas.									
Séries: 33 á 40	80	76	72	68	64	56	48	40	»
	10	9,5	9	8,5	8	7	6	5	»
21 á 32	96	92	88	84	80	72	64	56	»
41 á 44	12	11,5	11	10,5	10	9	8	7	»
45 á 128	112	108	104	96	88	80	72	64	56
	14	13,5	13	12	11	10	9	8	7
MÁQUINAS de seis ruedas acopladas.									
Séries: 246 á 318	180	168	156	144	132	»	»	»	»
	15	14	13	12	11	»	»	»	»
319 á 324	192	180	168	156	144	»	»	»	»
	16	15	14	13	12	»	»	»	»
201 á 245	228	216	204	192	180	»	»	»	»
325 á 364	19	18	17	16	15	»	»	»	»

NOTA.—De Medinaceli á Arcos, carga máxima; un wagon freno por cada __ wagones cargados.

Arcos á Baides. — 29 — RAMPA FICTIVA-12.

CARGAS *en toneladas que pueden remolcar las máquinas de los diferentes tipos, á várias velocidades.—(Deducido el peso de la máquina y tender.)*

	15	20	25	30	35	40	45	50	55
MÁQUINAS de cuatro ruedas acopladas.									
Séries: 33 á 40	68	64	60	56	52	48	44	40	»
	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	»
21 á 32	84	80	76	72	68	64	56	48	»
41 á 44	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7	6	»
45 á 128	104	100	96	92	88	80	72	64	56
	13	12,5	12	11,5	11	10	9	8	7
MÁQUINAS de seis ruedas acopladas.									
Séries: 246 á 318	168	162	156	144	132	»	»	»	»
	14	13,5	13	12	11	»	»	»	»
319 á 324	180	174	168	156	144	»	»	»	»
	15	14,5	14	13	12	»	»	»	»
201 á 245	216	204	192	180	168	»	»	»	»
325 á 364	18	17	16	14	14	»	»	»	»

De Alcuneza á Baides, carga máxima.
NOTA.—Un wagon freno por cada __ wagones cargados.

* Cópia literal del original.

Examinando las tablas del *Librete de carga* que nos ocupa, se encuentra que la carga máxima, con las locomotoras de seis ruedas acopladas, séries 201 á 245, y 325 á 364, es de 54 carruajes (648 toneladas), á 15 kilómetros de velocidad. El mínimo de carga es de 11 wagones.

Las rampas fictivas (como se llaman en el *Librete*) varían entre 0,10, 11 y 12 milímetros de inclinacion.

66. Segundo problema.—**Conocida la carga que ha de ser remolcada, la velocidad á que ha de moverse, y la vía por donde ha de circular, determinar la potencia que ha de tener la locomotora que verifique el remolque.**—Asignemos á la locomotora un peso medio de 34 toneladas, y al tender 16 (primer artículo del *Librete de carga*): sumándolos con el del tren que se quiere remolcar, obtendrémos el total T.

Se calculará la resistencia total R', correspondiente á la vía y velocidad dadas (número **61**): la locomotora ha de tener una adherencia $P'f > R'$, puesto que el esfuerzo de traccion que ha de vencer la resistencia no puede ser mayor que ella.

Dando á f el valor que corresponda á la estacion y demás incidentes, resulta para P', peso adherente de la máquina, el $\frac{R'}{f}$.

Ya de antemano, y á la simple inspeccion de los datos de carga y velocidad, se habrá deducido si la máquina ha de ser de viajeros, mercancías ó mixta.

Pero esto se comprobará en vista del valor que hemos deducido para P', peso adherente.

Si P' es menor que 12 toneladas, límite superior de la carga estática, la locomotora puede ser de ruedas libres: si es mayor que 12 y menor que 24, podrá aceptarse una máquina mixta de tres ejes, con dos de ellos acoplados. Finalmente: si P' es superior á 24 toneladas, la locomotora ha de ser de mercancías, con todos sus ejes acoplados. En todos ca-

sos, de la fórmula $n = \frac{V}{22,67\,R}$ (número **46**) se podrá deducir el límite inferior del rádio R de las ruedas motrices, dando á n el valor máximo 4.

El esfuerzo de traccion F' en la circunferencia de las ruedas motrices, ha de ser igual á R'. La potencia de la máquina ha de ser $R'\,v$ kilográmetros, ó $\frac{R'\,v}{75}$ caballos de vapor.

El trabajo de F', en una vuelta del eje motor, es $F'\,2\,\pi\,R$ ó $2\,\pi\,R\,R'$; el de los émbolos será $\frac{2\,\pi\,R\,R'}{0,85}$, y el de uno solo $\frac{\pi\,R\,R'}{0,85}$, en igual tiempo, es decir, en una doble carrera; y en la sencilla, $\frac{\pi\,R\,R'}{1,7}$.

En la fórmula [l] del número **46** $v' = \frac{C\,V}{11,33\,R}$, empezarémos por asignar á v', velocidad del émbolo por 1″, el valor 3; y como nos son conocidos V y R, podrémos deducir el valor de C, carrera del émbolo. Dividiendo el trabajo $\frac{\pi\,R\,R'}{1,7}$ por C, tendrémos la presion, en kilógramos, sobre un émbolo; y suponiendo que la presion media sobre centímetro cuadrado es de 5 á 6 kilógramos, dividiendo á su vez aquella por este número, tendrémos el de centímetros cuadrados que ha de tener la cara del émbolo, y de aquí es fácil determinar su rádio.

Por último: la fórmula $H\,A \geqq \frac{1996\,r^2\,C\,V}{R\,k}$, sustituyendo en vez de H su igual 40 S, y en vez de $\frac{1}{k}$, 0,17 (valor correspondiente al período de admision para un empleo económico del vapor á la tension, en la caldera, de 8 atmósfe-

ras), nos dará S, superficie de calefaccion. Si la rampa máxima, con arreglo á la cual se ha calculado la resistencia del tren, sólo reina en una pequeña parte del trayecto, podrá, análogamente á lo hecho en el número **65**, disminuirse la velocidad en ella, dentro siempre de los límites posibles (primera parte, número **262**) y calcular la potencia de la locomotora, con arreglo á esta velocidad.

Ejemplo. Se quiere calcular la potencia y dimensiones principales de la locomotora necesaria para conducir un tren de tropas de infantería de un total de 800 hombres, á la velocidad media de 20 kilómetros por hora, en una vía de rampa de 12,7 milímetros.

Velocidad efectiva. Supongamos que el trayecto es de 120 kilómetros, y que haya 12 estaciones en él.

En cada estacion, para la llegada y salida, se pierden 1′,5, es decir, 3′ por cada uno, ó sea para las doce.	36′
Para las paradas, en los puntos de aguada, pondrémos.	60′
Total.	96′

De suponer la velocidad de 20 kilómetros constante, la duracion del viaje sería $\frac{120}{20} = 6$ horas. Para cada kilómetro se tardaria $\frac{1}{20}$ de hora, ó sea 3′: en los 96′ ha dejado, pues, de recorrer el tren $\frac{96}{3} = 32$ kilómetros.

La velocidad, entre las estaciones, para que el viaje dure seis horas, será, pues, la que resultaria á un recorrido de $120 + 32 = 152$ kilómetros; es decir, $\frac{152}{6} = 25$ kilómetros por hora. Harémos, pues, $V = 25$.

Peso y resistencia del tren. El número de carruajes

necesarios para conducir el tren, es (suponiendo que en cada uno de tercera se acomodan 35 soldados):

23 para la tropa.
2 para oficiales.
1 furgon de equipajes.
1 truck para el carro.
2 wagones para material.
2 wagones cuadras.

Total 25 carruajes de viajeros y 6 de mercancías.

Suponiéndoles el peso máximo, que, segun la tabla (número **53**), es de 8,8 toneladas para los primeros, y 12,6 para los segundos, resulta, para peso del tren:

Carruajes de viajeros.	220 toneladas.
Idem de mercancías.	75,6
Locomotora, peso medio (admitido *á priori*)..	34
Tender..	16
Total.	345,6
ó sea en números redondos.	350
La resistencia, en kilógramos por tonelada, á la velocidad de 25 kilómetros por hora, es (última columna de la tabla número **56**).	4,5
Por las rampas de 12,7 milímetros (número **59**).	12,7
Total R''.	17,2

La resistencia total R' será igual á $350 \times 17,2 = 6020$ kilógramos: éste deberá ser el valor de F', fuerza de traccion en la circunferencia de las ruedas motrices.

POTENCIA DE LA LOCOMOTORA Y DIMENSIONES PRINCIPALES. —Supongamos que la estacion y las circunstancias de la vía, permitan dar á f el valor $\frac{1}{6}$.

El peso adherente necesario

$$P' = \frac{F'}{f} = \frac{6020}{\frac{1}{6}} = 36120 \text{ kilógramos.}$$

Este peso no es posible que cargue sobre dos ejes; es preciso, pues, que la locomotora sea cuando ménos de tres ejes acoplados.

El límite inferior del rádio de las ruedas será dado por la ecuacion

$$4 = \frac{25}{22{,}67 \,.\, R} \quad » \quad R = 0^{m},27.$$

Tomarémos en definitiva, $R = 0^{m},60$.

El límite superior de la longitud de carrera C, es dado por la ecuacion

$$3 = \frac{25 \,.\, C}{11{,}33 \times 0{,}60} \quad » \quad C = 0^{m},8$$

y la manivela ó codo será, pues, de $0^{m},4$.

Al valor de $V = 25$ kilómetros, corresponde para $v = 7$ metros.

El trabajo efectivo, en la circunferencia de las ruedas, deberá ser de $6020 \times 7 = 42140$ kilográmetros, ó sea de 562 caballos de vapor.

El trabajo en un émbolo, $\frac{\pi \,.\, R \,.\, R'}{1{,}7} = 37370$ kilográmetros.

La presion en idem. . . . $\frac{37370}{C = 0{,}80} = 44212$ kilógramos.

El área de idem en centímetros cuadrados.. . $\frac{44212}{6} = 7368$

Idem en metros cuadrados. . . . . $0^{m^2},7368$

Y de la igualdad $0,7368 = \pi r^2$, deducimos: rádio de los émbolos. . . . . $0^m,4$

De la fórmula

$$H A \overset{=}{>} \frac{1996\, r^2\, C\, V}{R\, k}$$

deducirémos un límite inferior de la superficie de calefaccion.

Suponiendo $a = 8$ atmósferas,

$\frac{1}{k} = 0,17.$

$A = 0,251.$

$H = 40\, S.$

Será,

$$40\, S \times 0,251 \overset{=}{>} \frac{1996\, .\, 0^m,4^2\, .\, 0,8 \times 25}{0,6} \times 0,17,$$

de donde

$$10\, S \overset{=}{>} 1809 \text{ ó } S \overset{=}{>} 180,9 \text{ metros cuadrados.}$$

67. Inercia de un tren.—Frenos.—Dos problemas muy interesantes, y cuya solucion es de inmediata necesidad, se presentan en la traccion. El primero es el siguiente: «Dado un tren que ha de remolcarse, calcular la potencia que ha de desarrollar la locomotora para iniciar su movimiento y dotarle de la velocidad normal de marcha que debe tener, así como tambien determinar el espacio que recorrerá el tren desde que arranca hasta que llegue á adquirir dicha velocidad, y el tiempo trascurrido en este período.» El segundo problema es recíproco del anterior, y puede enunciarse de la manera siguiente: «Calcular en un tren que marcha á una

velocidad dada, y cuyos frenos son conocidos, el tiempo que trascurrirá desde el instante de la aplicacion del freno hasta la parada, y el espacio que el tren habrá recorrido en dicho tiempo.»

Nos ocuparémos, ante todo, del primer problema.

Sean:

t. . . . . tiempo, desconocido, desde el instante en que empieza á moverse el tren hasta aquél en que llega á poseer la velocidad de marcha.

v. . . . . velocidad de marcha conocida.

P. . . . . peso del tren en toneladas, 1000 P en kilógramos.

$m = \frac{1000\,P}{g}$ masa del tren, conocida.

F. . . . . esfuerzo de traccion, conocido y constante.

e. . . . . espacio recorrido por el tren en el tiempo t, desconocido.

n. . . . . número de kilógramos á que equivale la resistencia que opone el tren al movimiento, por tonelada de su peso total.

Esto supuesto, observarémos: primero, que durante el tiempo t, el esfuerzo F, y la resistencia total $n \,.\, P$, se pueden suponer constantes en intensidad. Segundo, que despreciando por su pequeñez la resistencia creciente del aire durante dicho intérvalo, t, el movimiento del tren podrá sin error sensible suponerse uniformemente acelerado desde el instante en que arranca hasta el de poseer la velocidad v, esto es, durante dicho tiempo t. Tercero, que el tren parte del reposo, del orígen de los espacios y del orígen de los tiempos, por contarse espacio y tiempo desde su posicion inicial, é instante de partida.

Es evidente, segun esto, que el esfuerzo de traccion F habrá desarrollado un trabajo motor $F \,.\, e$, que se empleará

durante el tiempo t, en vencer el trabajo resistente opuesto por los rozamientos y demás causas contrarias al movimiento, y en dotar al tren de una cantidad de fuerza viva $m \cdot v^2$, que no poseia, y que habrá adquirido cuando tenga al final del tiempo t la velocidad v; cantidad de fuerza viva que será conocida y comunicada al tren por el trabajo motor, venciendo la inercia de toda la masa remolcada. Ahora bien: siendo $n \cdot P$ la fuerza resistente, y e el camino recorrido por el tren, $n \cdot P \cdot e$, será el trabajo resistente, y podrá establecerse, segun lo dicho, la igualdad

$$F \cdot e = n \cdot P \cdot e + \frac{1}{2} m \cdot v^2,$$

que dará, una vez conocido el espacio e, el trabajo motor $F \cdot e$ desarrollado por la locomotora durante t segundos, para que el tren, desde el reposo, llegue á poseer la velocidad normal v de marcha. El trabajo por segundo será $\frac{F \cdot e}{t}$, y por hallarse expresado en kilográmetros será necesario dividirlo por 75 para tenerle representado en caballos de vapor.

Fáltanos calcular el espacio e y tiempo trascurrido desde la posicion inicial del tren á la final, en que su velocidad es la de marcha v.

Para ello observarémos que, siendo uniformemente acelerado el movimiento del tren, y $F - n \cdot P$ el esfuerzo de traccion que resta para producirle, si se llama a la aceleracion, se tiene $F - n \cdot P = m \cdot a$; y por partir el tren del orígen del espacio y del orígen del tiempo convendrán á dicho movimiento las dos ecuaciones:

$$v = a \cdot t$$
$$e = \frac{1}{2} a \cdot t^2,$$

eliminando a entre las tres anteriores, resultan las siguientes:

$$v = t\,\frac{F - n\,P}{m}$$

$$e = \frac{1}{2}\,t^2\,\frac{F - n\,P}{m}$$

de estas ecuaciones se deduce

$$t = \frac{m\,v}{F - n\,P} \quad \text{y}$$

$$e = \frac{1}{2}\,\frac{m\,v^2}{F - n\,P} \quad \text{que resuelven el problema.}$$

Aplicacion. Supóngase un tren, en el cual los datos sean
$P = 300$ toneladas, ó 300.000 kilógramos.
$n = 4$ kilógramos por tonelada.
$V = 20$ kilómetros por hora, ó sea $v = 5^{m},5$ por $1''$.
$F = 2800$ kilógramos, esfuerzo constante de traccion.

Se tendrá

$$m = \frac{1000\,P}{g} = \frac{300.000}{9,8} = 30600$$

$n\,P = 1200$ kilógramos $\qquad F - n\,P = 1600$ kilógramos.

Las incógnitas e y t serán

$$t = \frac{168300}{1600} = 105'',2. \qquad e = \frac{1}{2}\,\frac{925650}{1600} = 289^{m},2.$$

Trabajo motor total $F\,.\,e = 809760$ kilográmetros ó 10796,8 caballos de vapor.

Trabajo motor por segundo $\frac{F\,.\,e}{t} = 7697,33$ kilográmetros ó 102,64 caballos de vapor.

Trabajo empleado en vencer la inercia del tren, ó lo que es lo mismo, convertido en fuerza viva $\frac{1}{2}\,m\,v^2 = 462825$ kilográmetros, ó 6171 caballos de vapor.

Trabajo por segundo, empleado en fuerza viva $\frac{\frac{1}{2}\,m\,v^2}{t} = 4399,5$ kilográmetros, ó 60 caballos de vapor.

SEGUNDO PROBLEMA.

En el caso que estamos suponiendo, desde el instante en que se aplican los frenos cesa el esfuerzo de traccion, y el tren se mueve solamente en virtud de su fuerza viva, haciéndose necesario anularla con un cierto trabajo resistente para que se detenga el movimiento.

Pero la fuerza resistente que con este objeto se emplée, en el caso de suponerla moviente, comunicaria al mismo tren en igual tiempo y espacio, y partiendo el tren del reposo, la misma cantidad de fuerza viva que le quita, obrando en contra de su movimiento, por lo cual no hay inconveniente en calcular el espacio y tiempo que tardará en pararse el tren, haciendo uso de las ecuaciones del movimiento uniformemente acelerado, por más que el móvil no posea este movimiento, sino uno retardado, y no parta del reposo, sino termine en él realmente.

Admitida esta hipótesis, sea R la fuerza resistente, que debe ser la mayor posible para que la detencion sea pronta. Esta fuerza se compondrá de la resistencia $n\,P$ del tren al movimiento, y de la que opongan los frenos, la cual se calculará del modo siguiente:

Si n' es el número de frenos del tren, y k la resistencia debida al rozamiento de cada uno de ellos, suponiéndolos todos iguales, será $n'\,k$ la total resistencia que oponen, luego

$$R = n\,.\,P + n'\,k,$$

con lo cual R será conocida; pero como $R = a\,m$, siendo a la retardacion del movimiento, y m la masa del tren que es conocida, se hallará

$$a = \frac{R}{m},$$

que sustituida en las ecuaciones del movimiento uniformemente retardado, partiendo el móvil del reposo

$$v = a\,t,$$

$$e = \frac{1}{2}\,a\,t^2.$$

Darán para e y t las fórmulas siguientes:

$$t = \frac{m\,v}{R}$$

$$e = \frac{m\,v^2}{2\,R}$$

en las cuales se observa: que siendo la cantidad de movimiento $m\,v$, y la fuerza viva $m\,v^2$ que posée el tren, en el instante de aplicársele los frenos, cantidades finitas, sería necesario para que $t = 0$ y $e = 0$, que R fuese infinito, de lo cual se deduce que no podrá construirse nunca un freno tal, que instantáneamente produzca la detencion del tren, siendo siempre necesario que trascurra un intérvalo de tiempo finito, y que el tren recorra un espacio bastante apreciable antes de la parada.

Aplicacion. Suponiendo los mismos datos de la aplicacion anterior, se hallará

Si, $n' = 4$ y $k = 700$ kilógramos,

$R = n\,P + n'\,k = 4 \times 300 + 4 \times 700 = 1200 + 2800 = 4000^{kg}$; por consiguiente, las incógnitas t y e tomarán los siguientes valores:

$$t = \frac{168300}{4000} = 42'',075,$$

$$e = \frac{925650}{8000} = 115^{m},707.$$

El valor de k que precede, sólo debe tomarse como aproximacion del verdadero.

El número de frenos que entran en la composicion de un tren depende, como fácilmente se deduce de las ideas que dejamos apuntadas, de elementos muy variables, como son: la velocidad de marcha, longitud é inclinacion de las pendientes, carga del tren, etc.

Segun los incidentes de la vía, se calcula, para cada seccion, el número de carruajes á que corresponde un wagon-freno. En los *Libretes de carga* se encuentra, al final de cada página, una línea impresa que dice: *Un wagon freno por cada tantos carruajes.*

68. Contravapor.—Desde que se ensayó la locomocion por el vapor, hubo ocasion de apreciar cuán importante es el disponer de medios fáciles y seguros para anular la velocidad, ó disminuirla, en corto tiempo.

La accion limitada de los frenos conocidos resolvia incompletamente la cuestion; pero bien pronto se ocurrió utilizar como freno el agente motor, el vapor, haciéndole obrar sobre el émbolo, en direccion contraria á su movimiento; es decir, trabajando la máquina á contravapor. La solucion del problema no podia ser más interesante; la locomotora, á voluntad, era así capaz de producir el movimiento ó de anularlo.

Para conseguir que el vapor, lejos de empujar al émbolo, para producir el esfuerzo de traccion, se oponga á su movimiento y obre como poderosa fuerza resistente, basta invertir los movimientos del distribuidor, es decir, llevar la palanca de contramarcha al medio arco correspondiente al movimiento en direccion contraria del que lleva la máquina; de modo que en el caso de marcha directa y barras de excéntrica rectas, por ejemplo, la palanca de cambio ha de ponerse en uno de los puntos de la mitad posterior del arco.

Para comprenderlo, y conocer los defectos anejos á esta maniobra, considerarémos los períodos de esta nueva distribucion en una doble carrera del émbolo (*).

PRIMER PERÍODO.—ADMISION.—(Lámina 35, figura 11.)—Supondrémos al émbolo en el punto muerto anterior, y nos

(*) Véase lo que se dijo en la primera parte, número 26, respecto á los períodos de la distribucion ordinaria.

fijarémos en lo que ocurre detrás de la cara *B*. El distribuidor descubre por muy corto tiempo la lumbrera anterior, inmediatamente retrocede y tapa esta lumbrera. Se admite una muy pequeña cantidad de vapor, porque la duracion de este período es una fraccion reducidísima de la longitud total de carrera.

En la marcha ordinaria el émbolo y distribuidor se moverian en el mismo sentido, y este período sería el llamado, en tal caso, de avance á la admision (primera parte, número **26**).

2.°—Expansion.—(Figura 12.)—El émbolo continúa retrocediendo, el distribuidor sigue avanzando y tapa la lumbrera anterior que fué de admision. La duracion de este período es tambien una pequeña fraccion de la que corresponde á la carrera total, porque el émbolo recorre tan sólo un 10 á 18 por 100 de ésta, segun el punto de palanca elegido.

El vapor trabaja por expansion, y como la cantidad admitida fué muy pequeña, al finalizar el período viene á tener una tension próximamente igual á la presion atmosférica.

En la marcha regular, el período semejante á éste es el de compresion.

3.°—Aspiracion por el tubo de escape.—(Figura 13.)—Sigue el émbolo retrocediendo, como que le queda todavía por recorrer más de las cuatro quintas partes de la carrera, y el distribuidor continúa avanzando, y pone en comunicacion la lumbrera anterior con el tubo de escape.

Al aumentar de volúmen el vapor encerrado detrás de la cara *B*, admitido anteriormente, disminuye en tension siguiendo la ley de Mariotte, y como al empezar el período tenia la tension de una atmósfera, se hace despues menor, creándose un vacío relativo en la capacidad *B*, que es llenado por los gases de la chimenea.

La aspiracion durante este período continúa y es cada vez mayor.

Este sería el período llamado de escape, si el distribuidor se moviese como de ordinario.

4.° — REPULSION AL TUBO DE ESCAPE. — (Figura 14.) — El émbolo acaba su carrera, avanzando despues: el distribuidor llega al punto muerto anterior y retrocede; pero continúa poniendo en comunicacion la lumbrera de este lado con el tubo de escape; de manera que la mezcla de vapor y gases contenida en *B* es expulsada en parte á la chimenea durante este período, que corresponde al de avance al escape, en la distribucion ordinaria.

5.°—COMPRESION.—(Figura 15.)—Sigue avanzando el émbolo, continúa retrocediendo el distribuidor y cierra la lumbrera anterior, siendo comprimida la mezcla de vapor y gases contenida en la capacidad *B*.

Análogo es este período al de expansion en el caso de distribucion regular.

6.°—CONTRAVAPOR.—(Figura 16.)—Continúa avanzando el émbolo hasta terminar la carrera, y retrocediendo el distribuidor, descubriendo la lumbrera anterior: el vapor que procedente de la caldera llena la caja de distribucion, penetra en el cilindro mezclándose con los gases y vapor ya existentes, y ejerce presion sobre la cara *B*, oponiéndose al movimiento del émbolo: éste terminará, no obstante, su carrera movido por la biela motriz y ruedas, es decir, por la fuerza viva del tren; de modo que el vapor últimamente admitido, el que penetró en el primer período, y los gases absorbidos por el tubo de escape, son inyectados en la caja de distribucion y caldera.

Este período corresponde al de admision en la distribucion ordinaria.

Para la cara *A* del émbolo existen tambien los seis períodos análogos, como manifiestan las inscripciones de las figuras anteriores.

Los períodos primero y segundo (admision y expansion)

favorecen el movimiento, pero por su corta duracion son de escasa importancia: los períodos quinto y sexto (compresion y contravapor) se oponen á la marcha del émbolo, y por tanto, de la máquina y del tren. La duracion del período de contravapor es tanto mayor cuanto más larga sea la carrera del distribuidor, es decir, cuantos más puntos de palanca se tomen en el medio arco inverso. La razon es idéntica á la ya expuesta en la primera parte á propósito del período de admision (número **145**).

Veamos los defectos inherentes á la inversion operada en la marcha del distribuidor.

En el tercer período se aspiran por el tubo de escape gran cantidad de aire y gases, procedentes de la combustion, que llenan la caja de humo y chimenea. Estos gases se encuentran á 200° ó 250°, temperatura muy superior á la del vapor, á las tensiones máximas admitidas en los generadores de las locomotoras: resulta de aquí que los cilindros adquieren esa temperatura elevada; las cenizas y partículas de combustible aumentan los rozamientos, y son causa de que la superficie de aquellos se arañe; y finalmente, en el período de contravapor, estos gases y aire penetran en la caldera y aumentan tan rápidamente la presion en ella, que las válvulas de seguridad se levantan violentamente, y los Giffard dejan de funcionar, no tan sólo por el crecimiento de presion que se opone á la inyeccion del chorro, sino por los gases aspirados en el aparato, procedentes del generador.

La elevacion de temperatura de los cilindros no se debe solamente á la cedida por los gases: aumenta en el período quinto de compresion, por la reduccion de su volúmen, y crece considerablemente en el sexto período, ó sea el de contravapor, porque el vapor de la caldera afluye al cilindro por la lumbrera de admision, con una gran velocidad, y el choque con el émbolo que camina en direccion contraria

con velocidad considerable tambien, y la presion que sobre éste ejerce, se convierten en calor. Verifícase, pues, un fenómeno bien conocido, como base que es de la termodinámica: la equivalencia del trabajo y del calor.

Por esta elevada temperatura las estopas se calcinan, se queman los aceites de los engrases, los cilindros y distribuidores adhieren fuertemente á las paredes sobre que resbalan, creando grandes rozamientos capaces de enrojecerlos; á veces se rompen en mil pedazos las tapas de los cilindros.

Estos desastrosos efectos se evitan inyectando en el nacimiento de los ramales del tubo de escape (figura 17), ó en las cajas de distribucion, un chorro de agua, tomada de la caldera por medio de un tubo llamado de inversion (primera parte, número **81**). El líquido se halla á una temperatura elevada, comprendida entre 100° y 200°, por la relacion tan conocida que existe entre las tensiones del vapor y la temperatura suya y del agua; resulta de aquí que al llegar ésta al tubo de escape se vaporiza en parte, pues que entónces no está sujeta á más presion que la atmosférica, y el vapor formado aisla los cilindros y caja de humo, de modo que en el período de aspiracion no entran gases, sino parte del vapor que llena el tubo de escape.

El agua no vaporizada penetra en las cajas de distribucion y de allí en los cilindros, y en los períodos de compresion y contravapor absorbe todo el calor desarrollado, nacido de la cantidad de trabajo destruida, se vaporiza y pasa á la caldera.

Por este sistema la fuerza viva del tren se convierte en calor, que es absorbido por agua de la caldera, y sirve para vaporizarla.

Resulta, pues, el notable encadenamiento de hechos siguientes: por el calor del hogar se formó vapor que desarrolló el movimiento del tren, y por consiguiente, cierta can-

tidad de trabajo; haciendo uso del contravapor como freno, empleando el agua, el trabajo se convierte en calor, y éste proporciona vapor á la caldera, restituyéndole en parte el empleado anteriormente en adquirir la velocidad; los cilindros hacen, pues, las veces de regeneradores que devuelven á la caldera el calórico equivalente al trabajo destruido, calórico que, de lo contrario, sería perdido inútilmente.

La cantidad de agua inyectada varía, como se comprenderá perfectamente, con la velocidad y masa del tren, y con el punto de palanca que se emplee para hacer uso del contravapor. El vapor que, procedente del líquido inyectado, llena el tubo de escape, ha de ser en suficiente cantidad para llenar el volúmen engendrado por el émbolo en el cilindro en el período de aspiracion; con esto se tendrá completa seguridad de evitar la introduccion de cenizas y gases de la caja de humo.

Por el cálculo se determina el volúmen de agua que es preciso inyectar en el tubo de escape, pero esta determinacion no es necesaria en la práctica. El maquinista abre la llave del tubo de inversion más ó ménos hasta tanto vea formarse sobre la chimenea de la locomotora una ligera nubecilla de vapor, de la que se desprendan algunas gotas de agua. Cuado la nubecilla no aparece, ó aparece sin escupir, es prueba de que no se inyecta la cantidad de agua suficiente: si el desprendimiento de gotas es muy abundante, la inyeccion de agua es excesiva.

En vez de emplearse un chorro de agua, puede inyectarse á un tiempo agua y vapor; éste último sirve para facilitar el movimiento de aquella. Al efecto (figura 18, lámina 35), se instalan en la parte posterior de la máquina dos pequeños tubos *a* y *A*; el primero toma vapor, y el segundo agua: ambos se unen bajo un ángulo muy agudo, formando una pequeña cámara *B*, donde se opera la mezcla. La figura indica la disposicion del tubo de inversion *C*, que se divide en

dos ramas *M* y *N* que van á parar á los tubos de escape parciales, ó á los fondos de las cajas de distribucion.

La palanca ordinaria de contramarcha no es muy á propósito para el empleo del contravapor; entre otras razones, por la dificultad de su maniobra estando el regulador abierto: preferible es la palanca movida por tornillo sin fin, como más segura y de más precision, pues permite colocarla en posicion cualquiera, y no en los puntos obligados que señalan los dientes del arco.

Los dos grupos de curvas de la figura 19, lámina 35, ponen bien de manifiesto la diferencia de resultados obtenidos con los frenos ordinarios y el freno contravapor. Son el resultado de experiencias practicadas con este objeto.

69. Práctica en el empleo del contravapor.—Nada mejor podemos hacer que trascribir la órden de servicio dada á los maquinistas de la línea de Ciudad-Real á Badajoz por el ilustrado ingeniero de la traccion D. Aureliano Jimenez Crós.

«INSTRUCCIONES RELATIVAS AL EMPLEO DEL CONTRAVAPOR. —1.ª—*Modo de invertir la marcha.*—Por regla general el regulador se encuentra abierto. En este caso el maquinista abre la llave del vapor para purgar los tubos de inyeccion del agua fria que pudiera contener, invierte la marcha y abre inmediatamente la llave del agua cerrando la de vapor.

Si el regulador se encuentra cerrado, caso que no puede presentarse en las máquinas provistas del aparato de contravapor más que á la bajada de pendientes en que el tren no toma mayor velocidad que la que al mismo esté asignada, las operaciones son las siguientes:

Abrir la llave de vapor.
Invertir la marcha.
Abrir el regulador.
Abrir la llave del agua.

Cerrar la llave de vapor.

2.ª *Parada de un tren en marcha.*—Pueden presentarse tres casos:

1.° Parada de un tren en rampa horizontal ó pendiente en que el tren marche sin contravapor.

En este caso se hace la inversion de la marcha como queda dicho, y áun en caso de peligro las operaciones pueden reducirse á

Invertir la marcha.

Abrir el regulador si no estaba abierto.

Abrir la llave del agua.

2.° Parada de un tren en pendiente en que se haga uso del contravapor, pero con una admision que no pase del 40 por 100.

En este caso se lleva la admision al límite, y el fogonero templa el freno del tender por si el recurso del contravapor no fuera suficiente.

3.° Parada de un tren en pendiente en que se emplee el contravapor con la admision.

En este caso nada puede esperarse ya del contravapor, á ménos de elevarse la presion.

El maquinista, pues, abrirá el ventilador, y avivará el fuego, pero pedirá desde luego los frenos necesarios.

3.ª *Marcha ordinaria á contravapor.* — El maquinista, una vez puesto en actividad el aparato de contravapor, segun se expresa en la regla primera, debe cuidar tan sólo de mantener una velocidad uniforme, á cuyo efecto hará variar la admision por medio de la palanca hasta que consiga dicho objeto.

4.ª *Método práctico de fijar la inyeccion del agua.*—Puesto en actividad el aparato de contravapor, el maquinista mantendrá la inyeccion de agua de manera que exista siempre en la boca de la chimenea un ligero penacho de vapor, del cual se desprendan menudas gotas de agua.

Si el vapor aparece seco, ó con intermitencias, la inyeccion de agua debe aumentarse.

Si las gotas de agua se convierten en una verdadera lluvia, la inyeccion debe disminuirse.

5.ª *Reglas diversas.*—1.ª—Por más que esté terminantemente prohibido á los maquinistas acuñar las válvulas de seguridad en la marcha directa, se advierte que esta operacion es mucho más peligrosa en la marcha á contravapor, por el riesgo de una explosion en el caso de acumularse gases fijos en la caldera.

2.ª La llave de toma de vapor no debe tenerse abierta más que el tiempo puramente necesario para invertir la marcha, pues en otro caso, parte del agua inyectada sale por la chimenea sin producir efecto útil.

3.ª Cuando el contravapor se emplee á más de un 40 por 100 de admision, conviene cerrar el escape, porque de este modo se evita la acumulacion de agua en la caja de humo.

4.ª Si el inyector Giffard dejase de funcionar, probaria haber entrado gases fijos en la caldera, y el maquinista debe en este caso poner al punto muerto la distribucion, y abrir el ventilador para dar salida á los gases, manteniéndole abierto hasta que el inyector funcione.

5.ª El maquinista examinará muy atentamente la presion de su máquina, y si aquella sube rápidamente ó se manifiesta en la aguja del manómetro un movimiento de trepidacion, abrirá inmediatamente el ventilador, y si la presion no baja, pedirá frenos para mantener la velocidad, y pondrá la distribucion en el punto muerto hasta que la presion normal se haya restablecido.

El aumento rápido de presion indica la entrada de gases fijos en la caldera, lo cual implica un peligro de explosion, y el maquinista debe evitar este caso con sumo cuidado por medio de una inyeccion de agua siempre suficiente.

6.ª El nivel de agua en la caldera debe mantenerse ele-

vado para evitar la falta de agua, si hubiese dificultades en la alimentacion.

7.ª Si el esfuerzo del contravapor fuese suficiente para hacer patinar la máquina en sentido inverso, el maquinista disminuirá en seguida la admision hasta que el equilibrio entre las fuerzas se restablezca.

Y 8.ª En cuanto un tren quede parado por el contravapor, el maquinista mandará apretar frenos, cerrará el regulador y la llave de toma de agua, llevará la palanca de cambio de marcha al punto muerto, y abrirá los purgadores de los cilindros.»

CAPÍTULO IV.

PRELIMINARES DE LA TRACCION.

ARTÍCULO PRIMERO.

ESTUDIO DE LA VÍA.

70. Necesidad del conocimiento de la vía.—Si las vías férreas estuviesen establecidas en línea recta horizontal, si en toda su extension no existiesen puntos cuyo paso requiere precaucion, el trabajo y responsabilidad de los maquinistas serían, de contado, muy inferiores á lo que en la práctica tiene lugar.

La sencillez del trazado de la vía traeria, como inmediata consecuencia, la ventaja de exigir un trabajo constante en la locomotora, y el problema de la conduccion se limitaria á

mantener la caldera con la constante presion correspondiente al peso remolcado, siendo suficiente el conocimiento de las estaciones ó puntos de parada para cerrar á tiempo el regulador, de modo que solamente por la velocidad adquirida llegase á ellos el tren con una muy escasa, fácilmente dominable por los frenos.

La ausencia de todo punto peligroso, en el trayecto, aliviaria la atencion y vigilancia del maquinista, dedicándolas al cuidado de la caldera y fogon; y le permitiria mantener velocidades constantes entre las estaciones. Pero son rarísimas las vías férreas que en tales condiciones se encuentran; no ya en toda su extension, sino en algunas de sus partes, sobre todo en muchas de las modernas, aplicadas á países accidentados. El perfil longitudinal de una vía presenta inclinaciones en sentidos contrarios, cuyo conjunto forma una línea quebrada, compuesta de rectas, horizontales ó inclinadas, llamadas *rasantes;* las rasantes inclinadas se denominan *rampas* ó *pendientes*, segun la direccion del movimiento; tomando la primera denominacion, cuando hay que ascender, para salvarlas, y la segunda, cuando hay que descender. En plano, ó proyeccion horizontal, las vías tienen alineaciones rectas, curvas y *contracurvas;* nombre con que se conoce á las curvas continuacion de otras, pero cuya concavidad está de lado distinto de la vía.

Ya ha quedado sobradamente indicada en la primera parte (números **275** y **276**), la influencia que en la traccion ejercen estos incidentes: tambien lo hemos visto en ésta (números **59** y **61**): la máquina tiene que desarrollar esfuerzos variables, para ejercer mayor potencia en las rampas y curvas, menor en las pendientes, y en una palabra, para acomodar el esfuerzo de traccion dentro de los límites posibles y propios de cada una, á las irregularidades del camino.

Ahora bien: las curvas y contracurvas se perciben fácil-

mente, de dia, desde la locomotora, pero no así las rampas y pendientes; de todos modos, la simple inspeccion de un camino que por primera vez se recorre, no basta para salvar las dificultades mencionadas, porque la potencia de una máquina no se puede arreglar ni variar instantáneamente, sino que exige un tiempo preparatorio. Recuérdese, en efecto, que la energía del esfuerzo tractor depende de la presion del vapor en los émbolos, y ésta, á su vez, de la tension del vapor en la caldera, y del grado de expansion con que se le haga obrar.

Si para aumentar la potencia se aumenta el período de plena admision, crecerá el consumo de vapor, y llegará un momento en que la locomotora se detendrá. Es preciso, pues, acrecentar la tension en los momentos oportunos; en el paso de rampas, curvas, etc.; y para ello hay que arreglar el fuego y la alimentacion con la debida antelacion (lo ménos media hora), pues la vaporizacion no es instantánea: claramente se vé la necesidad, al efecto, del conocimiento de la vía, y situacion de los diversos accidentes, con respecto á las estaciones ó puntos conocidos, que sirvan de referencia.

Bajo el punto de vista de la seguridad en la circulacion, no todas las partes de una línea ó seccion la presentan igualmente.

En los pasos á nivel, hay el peligro de que una piedra caiga entre el carril y contracarril; que la pestaña de las ruedas salte por encima, y la llanta salga de carriles, peligro aún más inminente si la vía es curva. Tambien puede suceder que la abertura de los contracarriles, en los extremos, sea insuficiente, y choquen con ellos las pestañas al penetrar. Finalmente: puede chocar la máquina con los carruajes ordinarios que circulan por el paso á nivel, sobre todo, en trenes inexperados, ya por ser extraordinarios, ya en los ordinarios cuando hay retrasos ó adelantos en la marcha; siendo la probabilidad del peligro mayor cuando el trazado

de la vía ó los accidentes del terreno impiden ver el tren á larga distancia.

Estos accidentes sólo pueden salvarse con una gran vigilancia por parte de los guardabarreras, cuya mision es mantener el paso á nivel en buen estado, quitando con la rasqueta las piedras ó barro introducidos en el hueco de los contracarriles, y cerrando las barreras á las horas de paso de los trenes, segun lo reglamentado; pero el maquinista debe tener conocimiento de la situacion de estos pasos, para avisar su presencia con el silbato, y estar dispuesto á moderar ó anular la velocidad si observase en ellos algun obstáculo, con objeto de que la máquina y tren padezcan en el choque lo ménos que sea posible (*).

Tambien son un motivo de peligro los cruzamientos de vía. Los cruzamientos existen en una misma línea, en las estaciones generalmente, para comunicar las vías principales con los apartaderos, cocheras, talleres, etc.; y tambien en la interseccion de líneas distintas, entre dos estaciones. Para verificar en la práctica estos cruzamientos, hay que cortar los carriles, dejando un paso á las pestañas de las ruedas que circulan por cualquiera de las dos vías; así es que las llantas encuentran interrumpida en estos sitios la superficie de rodadura, y efectúan un pequeño salto para salvar la cortadura.

Pero el inconveniente grave reside en los cruzamientos entre estaciones, en el peligro de choque de dos trenes que, circulando cada uno por su vía, vengan á pasar al propio

(*) Generalmente los maquinistas son irresponsables de los accidentes que ocurran en los pasos á nivel; pues áun suponiendo que marchen á pequeña velocidad, se necesita algun tiempo para dominarla por completo: además de que, cruzando numerosas vías ordinarias á la férrea, en algunas localidades, no sería posible, sin grave perjuicio para la traccion, disminuir la velocidad al llegar á las proximidades de cada una.

tiempo por el cruce. La facilidad de las colisiones es tan de temer en líneas frecuentadas, que en algunos puntos los cruzamientos no son de nivel, prefiriéndose, áun á costa de mayores gastos, construir obras de fábrica y cambiar las rasantes de algunas de las líneas, para que una de ellas pase por un viaducto. Así se ha hecho en las cercanías de París, en el ferro-carril del Norte.

Este procedimiento, si bien costoso para las empresas, es sin duda el único que remedia el mal y dá seguridad á los viajeros y facilidad en el servicio de las líneas de circulacion muy activa. Pero como quiera que este expediente no se ha generalizado, ni con mucho, el maquinista ha de ir prevenido, y necesita conocer á punto fijo la situacion exacta de estos cruzamientos.

El conocimiento de las curvas, no solamente es necesario para preparar anticipadamente la caldera (cuando son muy pronunciadas y el tren de gran longitud, por la gran parte de la fuerza motriz que absorben los rozamientos y las tracciones oblícuas, número **276**, primera parte), sino tambien, cuando están en pendiente, para marchar con precaucion por ellas, pues el peligro de descarrilamiento es mayor. En efecto: la fuerza de la gravedad puede bastar por sí sola en una pendiente para hacer adquirir al tren gran velocidad, que hay necesidad de moderar, en muchos casos, con los frenos ordinarios, y áun con el contravapor. Si en estos momentos el tren se introduce en una curva, los carruajes tienden á salir por el carril exterior, no solamente por la fuerza centrífuga (combatida por la centrípeta que resulta de la elevacion del carril exterior), sino por la reaccion que cada carruaje efectúa sobre el que le sigue, al disminuir la velocidad de la marcha.

Partes peligrosas de un camino pueden conceptuarse tambien los viaductos, puentes y túneles, por ser en ellos más grave cualquiera de los accidentes que en una llanura

y sobre terreno natural pueden ocurrir; los grandes terraplenes, recien construidos, ó despues de fuertes lluvias; partes de vía situadas en flancos escarpados de montañas, á orillas del mar ó de rios, etc., etc.

Tambien es de suma utilidad el conocimiento de las estaciones, para entrar en ellas con la velocidad debida; distinguir las vías generales de los apartaderos; saber la situacion de los cambios, cruzamientos, plataformas giratorias, etc., para ejecutar libre y fácilmente las maniobras necesarias á la formacion ó modificacion de los trenes; y especialmente debe conocer el punto de instalacion de las agujas, en donde con más frecuencia ocurren accidentes, unas veces por descuido de los guardas, y otras por irreflexion del maquinista, que penetra con demasiada velocidad por ellas.

Inútil parece encarecer la necesidad de que el maquinista sepa el nombre y situacion de las estaciones que tienen depósito de agua; y entre ellas las que la tienen de buena y mala calidad (bajo el punto de vista de las incrustaciones), pues no es indiferente para la conservacion de la caldera emplear indistintamente unas ú otras. Hay maquinistas que evitan cuanto les es posible hacer aguada en ciertos depósitos, conociendo la gran cantidad de incrustaciones que el agua dá, por la abundancia de sales calizas. Claro está que ante todo ha de procurar no carecer nunca de ella. Además de todas estas noticias, le interesará tambien saber el estado de solidez de la vía, puentes, túneles, terraplenes, etc., que accidentalmente no se encuentren en el perfecto estado de solidez y seguridad que se desea, para marchar por estas partes con mayor precaucion.

Expuesto queda, al par que la necesidad del conocimiento de la vía, el cuadro de los puntos principales que han de formar la base de su estudio: réstanos explicar el modo de efectuarlo.

71. Estudio de la vía.—En todas las líneas férreas hay

perfiles longitudinales de la vía, tomando por abscisas las distancias horizontales, y como ordenadas las verticales: y como estas últimas son de muy pequeño valor, relativamente á las primeras, para evitar en los perfiles la confusion consiguiente y disminuir asimismo la longitud del papel, para las abscisas se emplean escalas de denominador mucho mayor que el de las ordenadas. En estos perfiles *concentrados*, llamémoslos así, se hacen visibles los menores cambios de inclinacion. Hay en ellos dos numeraciones: la horizontal (figura 4, lámina 35) indica la longitud de las rasantes, y la superior, su inclinacion en milímetros (*).

Tambien están indicados los puntos más notables del terreno, y las estaciones, de modo que el estudio preliminar de estos perfiles es interesantísimo, y puede considerarse como la base del conocimiento de la vía; y en dos ó tres viajes que se haga en una locomotora conducida por un maquinista conocedor de aquella, se está en disposicion de saber cuanto al perfil se refiere, cuidando de tomar los nombres de los puntos más importantes de las inmediaciones, para que sirvan de puntos de referencia, y de retener en la memoria los accidentes del terreno próximo á los cambios más pronunciados de rasantes.

Para auxiliar al maquinista novel en el estudio de que

(*) La inclinacion de una rampa se mide comunmente por el número de milímetros que, en un metro de longitud horizontal, un extremo está más elevado que otro. Así, se dice que una rampa es de 8 milímetros, de 10, de 12, cuando por cada metro de longitud horizontal se levanta 8, 10, 12 milímetros. Una rampa de 1800 metros de longitud en plano, y de 10 milímetros de inclinacion, supone, segun esto, una diferencia de nivel en los extremos de 18 metros. Tambien se mide la inclinacion de la rampa por la relacion entre el cateto vertical y el horizontal del triángulo rectángulo que forma con la proyectante del extremo más elevado y la proyeccion, suponiendo el horizontal de 100 metros. Una rampa de 4 por 100 equivale á otra de 40 milímetros.

nos estamos ocupando, hay en todas las vías, á un lado de ellas, postes indicadores. Unos son *kilométricos*, compuestos generalmente de una barra de hierro fundido, de un metro de altura, terminada por una tablilla del mismo metal, en la que por ambas caras está escrito, en relieve, el número de kilómetros á contar desde la estacion central. Otros son *indicadores de rasantes:* tienen muy poca altura y llevan unas tablillas dispuestas en la forma que indica la figura 5. Se establecen en los cambios de rasante: cada tablilla contiene una inscripcion con la inclinacion de la rampa ó pendiente, y su longitud en metros. Las rasantes de nivel se indican con las cifras 0,000: las rampas y pendientes con las iniciales *R*, *P*, y su longitud con la *L*.

Las tablillas están clavadas de modo que su posicion haga ver á simple vista si las rasantes que concurren en aquel punto están en pendiente, en rampa ó de nivel.

En el caso que representa la figura, suponiendo la marcha en direccion de la flecha, las tablillas manifiestan que acaba una rampa de 5 milímetros, en una longitud de 1400 metros, y empieza una alineacion recta, de 3 kilómetros, horizontal.

Las tablillas indicadoras no se pueden leer bien, ni áun de dia: sólo, pues, podrán servir para dar una idea, por su inclinacion, de la de las rasantes. Sin embargo: si los viajes primeros, para la instruccion del maquinista, se hacen de dia y á pequeña velocidad (para lo que son preferibles los trenes de mercancías), las tablillas son más visibles; y su lectura, más fácil, podrá completar el estudio de la vía, comenzado por el de los perfiles.

Cuando faltan los perfiles, no queda otro recurso que el de hacer tres, cuatro ó más viajes con un maquinista conocedor de la vía; enterarse por él bien de las rasantes más pronunciadas que han de ejercer influencia marcada en la marcha del tren; fijar bien en la memoria las estaciones entre las cuales se hallan, y aún más, los puntos intermedios

de éstas que, por serlo notables del terreno, tales como picos altos, bosques, caseríos, puentes, etc., puedan servir como de señales fijas para marcar la situacion de las dichas rasantes.

Las curvas se reconocerán á la simple vista; no sucede como en las pendientes: pero esto no obsta para que de antemano se haga el estudio de ellas y se conozca con la anticipacion debida el punto de la línea en que se encuentran, ya para moderar la velocidad y llegar con la conveniente á ellas, ó ya para aumentar la presion cuando se sepa que así ha de convenir.

El estudio de las curvas puede hacerse, como el de las pendientes, bien en un plano, ó bien prácticamente en los viajes preparatorios. Las tablillas indicadoras de pendientes y rampas, dan tambien indicaciones de las curvas con las anotaciones siguientes $\left.\begin{matrix} R = 1200 \\ L = 2000 \end{matrix}\right\}$, en que va señalado el rádio de la curva y su longitud.

Como en las pendientes, se fijará la posicion de las curvas en la memoria del maquinista, refiriéndolas á puntos notables de la vía. Sobre todo, cuidará de observar y fijar bien las curvas que están en rampa ó pendiente, y que pasan por grandes desmontes, terraplenes, túneles y puentes: las primeras, porque en ellas se acumulan las resistencias á la marcha de los trenes y el consumo de vapor tiene que ser mayor; las segundas, porque se acumulan los peligros, en el caso de un descarrilamiento ó accidente desgraciado, y convendrá tal vez moderar la velocidad.

Al hablar de las curvas, nos referimos principalmente á las de rádio reducido: cuando el rádio es grande, la circulacion por ellas no exige ninguna precaucion.

Supongamos el caso aún más desfavorable que puede ocurrir, que es el de tener que conducir un tren en una vía que se recorre por primera vez, sin que acompañe al maquinista persona alguna conocedora del terreno.

No marchando á gran velocidad podrá el maquinista llenar su cometido, con tal de que se le provea de perfiles con las indicaciones convenientes.

Podria, por ejemplo, dársele un cuaderno dispuesto en la forma que indica la figura 6, en la que, como se vé, el maquinista sabe la distancia y nombre de las estaciones, las rampas y pendientes que hay entre cada dos, su longitud é inclinacion; los puntos notables próximos á la vía que le podrán servir de guia para conocer su aproximacion á las estaciones, puentes, túneles, pasos de nivel y demás incidentes; puntos de aguada, etc., etc.

Tambien puede contener este cuaderno las curvas y contracurvas, etc., etc.

En los perfiles citados, y para mayor sencillez, podria ponerse, no todas las rasantes, sino las más principales, las que han de ejercer notable influencia en la marcha del tren, sustituyendo los cambios de rasantes débiles por una rasante media. Esto se puede hacer teniendo en cuenta lo que ya en otro lugar dijimos: que el mismo peso del tren hace las veces de regulador, y que, por lo tanto, almacenando fuerza en las pendientes pequeñas (suponiendo que no se varía la admision del vapor en los cilindros, su expansion y presion), sirve para devolverla en las rampas tambien pequeñas, de modo que los cambios de rasante poco pronunciados no ejercen influencia en la marcha ni en las precauciones que hay que tomar.

Teniendo en cuenta que un maquinista debe saber graduar la velocidad del tren, con estas distancias marcadas entre los diferentes puntos de la vía puede conducirlo perfectamente: todo será que marche un poco más despacio y gaste un poco más de carbon, manteniendo siempre el vapor de la caldera á una buena presion, para tenerlo dispuesto á cualquier accidente imprevisto.

ARTÍCULO SEGUNDO.

REGLAMENTOS.

REGLAMENTO DE SEÑALES.

CAPÍTULO PRIMERO.

Objeto y descripcion de las señales.

ARTÍCULO 1.° El objeto de las señales es poner en comunicacion á los agentes de la vía, de las estaciones y de los trenes, para la trasmision de las órdenes ó avisos que interesen á la seguridad y regularidad con que debe verificarse la marcha de los trenes y máquinas aisladas, así de dia como de noche, ya sea en circunstancias normales ó extraordinarias.

ART. 2.° Las señales pueden verificarse en puntos determinados ó en cualquiera parte del camino. Unas y otras han de hacerse perceptibles por medio del oido ó de la vista, y por esto se dividen en señales de oido y señales de vista.

ART. 3.° Las señales de oido se hacen, segun los casos, por medio de corneta, de campana, de pito, de silbato de las máquinas y de petardos.

ART. 4.° Las señales de vista se hacen con banderines, faroles, discos y hasta con los brazos.

Señales de oido.

ART. 5.° Las señales de corneta son cuatro:

1.ª Un toque prolongado indica tren á la vista, es decir, la aproximacion de una máquina ó de un tren.

2.ª Dos toques sucesivos y prolongados indican la salida de un tren ó de una máquina de la estacion inmediata.

3.ª Tres toques, tambien sucesivos y prolongados, la salida de una máquina ó de un tren de la estacion en que se dan.

Y 4.ª Varios toques repetidos sucesivos y con precipitacion es alarma.

Art. 6.° Con la campana se hacen tres señales:

1.ª Un toque de campana indica que faltan quince minutos para salir el tren.

2.ª Dos toques que faltan cinco minutos.

Y 3.ª Tres toques es la señal de que salga el tren.

Art. 7.° Con el pito se hacen dos señales:

1.ª Un silbido algo prolongado previene que el tren que está parado debe ponerse en marcha.

Esta misma señal, cuando el tren está andando, sirve para llamar la atencion del maquinista, el cual, al oirla, debe volverse hácia el tren para ver las señales que puedan hacérsele.

2.ª Varios silbidos breves y repetidos indican que el tren debe detenerse inmediatamente.

Art. 8.° Con el silbato de la locomotora se hacen siete señales:

1.ª Un silbido prolongado es atencion y sirve de aviso de que la máquina ó tren se pone en marcha.

2.ª Dos silbidos cortos y seguidos mandan apretar los frenos.

3.ª Un silbido breve aflojar los frenos.

4.ª Muchos silbidos cortos son señal de alarma ó de un peligro inminente.

5.ª Varios silbidos prolongados y repetidos indican que el tren pide máquina.

6.ª En los empalmes ó puntos en que la línea se bifurque, el silbido de atencion avisa que la direccion que ha de se-

guir el tren es de la izquierda, y tres silbidos prolongados, de la derecha.

Y 7.ª En las maniobras de los trenes ó máquinas en las estaciones, el silbido tambien prolongado de atencion avisa que el tren marcha hácia adelante, y dos silbidos prolongados que lo verifica hácia atrás.

ART. 9.° Los petardos, que son pequeñas cajas metálicas conteniendo una composicion fulminante, y que colocadas sobre las barras-carriles producen una fuerte detonacion al aplastarse bajo el peso de la máquina, indican alto.

Señales de vista.

ART. 10. Estas señales se distinguen por su color. El blanco indica que la vía está expedita y que los trenes pueden circular sin peligro. El verde es precaucion, y prescribe disminucion de velocidad y llama la atencion. El color encarnado, de peligro, y manda parada absoluta é inmediata.

ART. 11. Se usarán dos banderines de mano, uno verde y otro encarnado.

El encarnado desplegado, de cualquier manera que se presente, es señal de peligro inmediato y de alto.

El verde, usado del mismo modo, indica precaucion, y prescribe la disminucion de velocidad momentánea.

El banderin arrollado, que la vía está expedita.

ART. 12. Tambien se podrán usar banderines fijos en un jalon clavado en la vía.

Con el banderin encarnado desplegado é hincado verticalmente al lado de la vía se manda parar.

Con el verde desplegado y colocado del mismo modo se prescribe la disminucion momentánea de velocidad.

ART. 13. De noche se emplearán tres clases de faroles.

El de luz blanca es señal de vía expedita.

El de luz verde precaucion, é indica que se disminuya la

velocidad, y el de encarnada es señal de peligro, y ordena hacer alto inmediatamente.

Los faroles se llevarán en la mano ó se colocarán en postes hincados en la orilla de la vía.

ART. 14. Con los discos se hacen dos señales. Cuando se presentan paralelos á la vía de modo que se vean de perfil, demuestran que ésta se halla expedita. Colocados perpendicularmente á la misma, presentando la cara pintada de encarnado al tren, que debe pararse inmediatamente.

De noche tendrán los discos un farol, que, segun la posicion de aquellos, dén luz blanca ó encarnada. La primera señala vía expedita y la segunda peligro, y por consiguiente alto inmediato.

La falta de luz en un disco equivale á la roja y obliga al maquinista á tomar las disposiciones y precauciones que ésta previene.

ART. 15. En caso de necesidad los empleados de la vía y estaciones harán á los maquinistas advertencias con los brazos:

1.ª El brazo derecho extendido horizontalmente en el sentido de la marcha del tren, indica que la vía está expedita.

2.ª Con el brazo extendido por encima de la cabeza se prescribe la disminucion de velocidad.

Y 3.ª Con los dos brazos violentamente agitados y mirando al tren se manda parar.

Las señales comprendidas en este artículo sólo se emplearán cuando se carezca de banderines ó faroles propios para hacerlas.

Señales extraordinarias.

ART. 16. Cuando no puedan emplearse las señales que quedan descritas en los artículos anteriores, servirá para hacer la de peligro ó la de alto cualquier objeto visible violentamente agitado.

Señales sobre la vía.

ART. 17. Todos los empleados, con especialidad los guardas de vía, de las barreras y de las brigadas de conservacion, harán las señales sobre la vía cuando á ello obligue algun motivo.

Siempre que aquella se halle interceptada, deberá atenderse á la seguridad de la circulacion por medio de las señales de alto, hechas á la distancia de 800 metros por uno y otro lado del punto interceptado, y á 1200 metros, en las pendientes de ocho milímetros y en las curvas que tengan su rádio tan corto que impidan la vista de la señal á la distancia de 400 metros.

En dias de niebla ó de nieve deberán hacerse las señales á 400 metros más de distancia que en tiempo ordinario.

Señales de los trenes ordinarios.

ART. 18. Todo tren ó máquina sola que marche de noche ó en tiempo de niebla, llevará una luz blanca en la parte superior de la locomotora, y otra luz roja en la traviesa de la misma.

Se colocará además en la traviesa del último vehículo de todo tren, una luz roja y dos faroles en sus ángulos superiores con luz blanca hácia adelante y roja hácia atrás.

Siendo máquina aislada, la luz roja será colocada en medio de la traviesa del tender.

ART. 19. De dia un banderin verde colocado en uno de los ángulos superiores del último carruaje, y de noche una luz verde, reemplazando á una de las rojas que de ordinario llevan los trenes en el mismo sitio, indican que otro especial suplementario ó discrecional ha de circular en igual sentido que el que lo anuncia. Cuando el aviso se dé por medio de una máquina aislada, se pondrá la misma señal en la parte posterior.

Señales de los trenes ó máquinas locomotoras solas que hayan de regresar luego al llegar á su destino.

ART. 20. Cuando un tren especial, sea el que fuere, ó una máquina sola haya de regresar al punto de salida despues de haber arribado á su destino, se colocará en el frente de la máquina un banderin verde, y de noche una luz de igual color al lado de la que de ordinario lleva ésta en la parte superior de la caja de humos.

Los empleados de la vía tendrán el mayor cuidado de observar si los trenes ó máquinas llevan algunas de estas señales, para en su caso permanecer en sus puestos hasta que se verifique el paso del tren ó el regreso de la máquina anunciada, con objeto de hacerle las señales reglamentarias.

ART. 21. En los túneles que se designen por la Inspeccion facultiva se hará siempre uso de la señal de noche.

Señales para comunicarse entre sí los empleados de un tren.

ART. 22. Los conductores del tren mandan hacer alto al maquinista, llamándole la atencion por medio de un pito de los frenos, apretándolos ó aflojándolos viva y repetidamente, y agitando el banderin ó farol con la luz roja.

Tambien procurarán que estas señales se vean por los agentes de la vía, para que la repitan al maquinista.

Ante toda señal de *alto*, deberá el maquinista hacerse dueño completamente de la velocidad del tren por cuantos medios estén á su alcance, de modo que pueda pararle lo más pronto posible.

CAPÍTULO II.

De la corneta.

ART. 23. La señal que indica tren á la vista se hace con

la corneta, así que se vea aquel ó se oiga el ruido de su marcha.

La señal de haber salido un tren de la estacion inmediata se hará por órden del jefe, tan luego como telegráficamente haya recibido el aviso.

La de salida de un tren cualquiera de una estacion se dará así que se ponga el tren en movimiento.

La de alarma sólo se empleará en circunstancias graves, como son: reparaciones urgentes que haya que hacer en la vía, accidentes, actos de violencia, etc.

Uso de la campana.

ART. 24. Las dos primeras señales son meramente preventivas, y tienen por objeto la comodidad de los viajeros y la seguridad en el servicio de los empleados de la estacion.

La tercera, ó sea la de salida del tren, será dada precisamente por órden del jefe de la estacion.

Despues de oirla, y nunca ántes, hará el conductor la suya por medio del pito ó silbato de mano.

Del uso del pito ó silbato de mano.

ART. 25. La señal de *marche el tren* la dará siempre el conductor del mismo, despues de haber recibido para ello la órden del jefe de la estacion, si aquel parte de una de éstas: si el tren estuviera detenido en la vía, cuando haya cesado el motivo que ocasionaba la parada: en ambos casos deberá préviamente cerciorarse de que está concluido el engrasado y alumbrado del tren, cerradas las puertas de los carruajes y colocados en sus puestos los empleados del mismo.

Del uso del silbato de la locomotora.

ART. 26. El maquinista deberá usar del silbato para dar la señal de aviso ó de atencion en los casos siguientes:

1.° Antes de ponerse la máquina en movimiento, ya sea

sola, ya arrastrando tren, bien para continuar la marcha, bien para hacer simplemente alguna operacion dentro de las estaciones.

2.° Al acercarse á los sitios de empalme, á las agujas (cuando éstas se presentan de punta), estaciones, pasos á nivel, curvas, desmontes, túneles, en todas partes donde existan señales fijas y donde las haya especiales que indiquen debe hacerse uso del silbato.

3.° Siempre que por cualquier motivo sospechare no hallarse la vía completamente expedita.

4.° Cuando distinga una ó más personas sobre la vía.

5.° Al pasar por los túneles.

6.° Cuando haya nieblas densas, repitiendo á menudo esta señal para anunciar la proximidad del tren á cualquiera persona que pudiera encontrarse en la vía.

La señal de apretar frenos se hará siempre que por cualquiera causa convenga detener el tren ó disminuir su velocidad.

La de aflojarlos, cuando haya cesado aquel motivo.

La señal de peligro inminente se dará cuando se crea que alguno puede sobrevenir al tren por cualquier causa.

Al acercarse á los puntos donde haya locomotora de reserva, el maquinista dará la señal de pedir máquina, siempre que la necesite, bien como auxilio, bien para relevar la suya.

Al aproximarse á los puntos de empalme, el tren que marche en direccion á la bifurcacion de la línea deberá indicar por medio del silbato, con los toques previstos en el párrafo 6.° del art. 8.°, si ha de seguir por la línea de la derecha ó de la izquierda.

Uso de los petardos.

Art. 27. Los petardos deben emplearse en dos casos:

1.° Cuando los empleados no puedan permanecer en el

punto del peligro para presentar las señales de vista que correspondan.

2.° Cuando haya nieblas que impidan divisar claramente los objetos á distancia de 200 metros.

Los petardos se colocarán sobre los rails en número de tres, separándolos de manera que cada uno se halle frente á un poste del telégrafo, y que el más próximo al punto del peligro diste del mismo 800 metros, por lo ménos.

En cuanto cese la causa que haya motivado la colocacion de los petardos, se retirarán, si es posible, los que no hayan sido aplastados, á fin de que no ocasionen alarma á cualquier tren que pudiera pasar.

Los trenes detenidos en la vía harán uso de los petardos en los dos casos antedichos, y tambien cuando el tren, por cualquier causa, marche con tan poca velocidad que pueda ser alcanzado por otro que circule detrás.

El uso de los petardos no dispensa en modo alguno á los empleados de la línea de hacer uso de las demás señales ordinarias, ya permaneciendo en la vía, ya colocando señales fijas si se vén precisados á alejarse.

Uso de los discos.

Art. 28. Los discos se colocarán, por regla general, en las estaciones que se crea conveniente.

En las estaciones donde los haya, presentarán la señal de alto durante cinco minutos, por lo ménos, despues de haber salido ó pasado un tren de viajeros, y diez minutos despues de haberlo hecho uno de mercancías.

Tambien presentarán la misma señal, áun cuando sean horas en que deba llegar ó pasar algun tren, siempre que las vías de la estacion no se hallen expeditas por maniobras con un tren, wagones, máquina ó por otras causas.

En los puntos de bifurcacion, la vía debe estar cubierta en todas direcciones. Si no hay peligro, se descubrirá una

de aquellas, que deberá ser la que se indique por medio del silbato, segun lo dicho en el último párrafo del art. 26, cuando se oiga la señal de llegada de un tren. Si se presentan varios á la vez, se quitarán sucesivamente las señales de alto, cuidando de no dejar nunca descubierta más que una sola vía.

Uso de los banderines y faroles.

ART. 29. Los banderines y faroles los usarán, en general, todos los empleados que por cualquiera motivo hayan de hacer á los trenes alguna de las señales que se previenen en este Reglamento, pero muy particularmente los *guardavías*, *guardabarreras* y *brigadas de conservacion*, debiendo emplearse en todos los casos en que no sea indispensable hacerlo de los demás instrumentos de señales indicados anteriormente.

Sucesion de los trenes.

ART. 30. Tanto en la vía como en las estaciones, despues de haber pasado un tren de viajeros, deberá hacerse la señal de alto durante cinco minutos, y por espacio de diez cuando sea de mercancías. En ambos casos, despues de la señal de alto se hará la de precaucion por otros cinco minutos.

CAPÍTULO III.

De los deberes de los maquinistas y otros agentes respecto de las señales.

ART. 31. Cuando el maquinista se aperciba de alguna señal que le avise el paso de un tren anterior, disminuirá la velocidad y marchará observando la vía y haciendo resonar con frecuencia el silbato que indica atencion. En los desmontes en curva reducirá la velocidad á 20 kilómetros por hora, y continuará usando de precauciones hasta que en-

cuentre un guarda ú otro empleado que le dé señal de vía libre.

ART. 32. En cuanto el maquinista divise la señal de precaucion momentánea, debe hacerse dueño de la velocidad del tren, cerrando el regulador y dando aviso de apretar el freno, para llegar á la señal con una velocidad de 20 kilómetros por hora.

El trayecto comprendido entre las dos señales que deben colocarse en todo punto peligroso, deberá recorrerlo al paso regular de un hombre.

Cuando el estado de la vía sea tal que no permita una velocidad de 20 kilómetros por hora, el empleado encargado de su vigilancia hará la señal de alto y dará instrucciones verbales al maquinista.

ART. 33. Ante la señal de alto el maquinista deberá, por cuantos medios estén á su alcance, hacerse dueño completamente de la velocidad de su tren, de modo que pueda pararlo lo ántes posible, cerrando inmediatamente el regulador, mandando apretar los frenos del tender y dando contravapor si fuese necesario.

Si al lado de la señal se halla algun empleado, el maquinista parará cerca de éste.

El jefe del tren se informará de las causas de esta parada, y no dará órden de continuar la marcha hasta que pueda hacerlo sin inconveniente, y se haya quitado la señal de alto.

Si esta se hace por medio del disco colocado á la entrada de una estacion, el maquinista procurará llegar hasta aquel, en cuyo caso el conductor del tren mandará un empleado portador de una señal para enterarse del motivo de hallarse la entrada cerrada. El maquinista no volverá á ponerse en marcha hasta que se le haga señal de vía libre.

Procederá del mismo modo cuando la parada se indique en el trayecto por explosiones de petardos, por banderines ó faroles fijos sin agentes.

Pero si despues de haber recorrido con precaucion 1500 metros no divisa obstáculo ni empleado alguno, puede aumentar su velocidad hasta 20 kilómetros por hora, y continuar observando con la mayor atencion la vía y las señales hasta encontrar una estacion ó sus agentes.

Trenes ó máquinas paradas en el camino.

Art. 34. Cuando un tren se pare en la vía fuera de la estacion, el jefe del mismo enviará inmediatamente agentes de aquella para cubrirle con la señal correspondiente á 800 metros de distancia por uno y otro lado; á falta de empleados de dicha clase procurará que se establezcan las señales por uno del tren.

Estas precauciones son obligatorias, áun en el caso de que la parada deba ser de corta duracion y que no se espere ningun tren ni máquina, exceptuándose los casos de detencion en las tomas de agua.

Si los empleados encargados de cubrir el tren pertenecen á la vía, deberán permanecer en su puesto hasta que emprenda de nuevo la marcha, y áun despues de esto continuará el que esté detrás haciendo la señal de parada por espacio de quince minutos: pasado este tiempo se retirarán todas las señales.

Si dicho empleado pertenece al tren, dejará colocados petardos sobre los carriles para que sirva de aviso á cualquiera otro que pueda seguirle.

Marcha de máquinas aisladas.

Art. 35. Las máquinas que circulen aisladamente se considerarán como trenes completos para los efectos de este Reglamento.

Se les harán las mismas señales que á los trenes, y deberán obedecerlas sus conductores.

Están sometidas en todos los casos á iguales prescrip-

ciones que los trenes, teniendo el maquinista y fogonero las mismas obligaciones que los conductores y guardafrenos.

CAPITULO IV.

Disposiciones generales.

ART. 36. Tanto de dia como de noche, la ausencia de toda señal indica que la vía está expedita. Se exceptúa cuando de noche falta la luz en un disco, que habrá de considerarse como encarnada, y ordena al maquinista la parada inmediata.

ART. 37. Cuando aparezcan señales diferentes en el mismo punto, el maquinista obedecerá á la más grave.

Cuando se hagan dos ó más señales de distinta significacion, unas inmediatamente despues de otras, el maquinista obedecerá á la última.

ART. 38. Todo maquinista deberá parar inmediatamente su tren al presentársele el banderin encarnado, de cualquiera manera que se ejecute, y lo mismo cuando lo observe al costado de la vía aunque se halle tendido en tierra, porque puede haber caido á causa del viento.

ART. 39. Los maquinistas deben conocer la situacion de los discos.

ART. 40. Los maquinistas son responsables de la colocacion de las señales sobre las máquinas ó tenders; los jefes de tren, de las de los coches y wagones; los agentes de la vía, de las que deben hacerse en ellas, y los jefes de estacion, de las que correspondan á las que están á su cargo.

ART. 41. Los empleados de la vía y los de las estaciones darán cuenta diariamente de las señales que no hubieren sido obedecidas por parte de los maquinistas.

Los jefes de tren y maquinistas lo harán de las señales mal hechas; de los petardos encontrados en los carriles; de los banderines fijos olvidados en los costados de la vía; de

los discos sin luz y de todas las demás señales no motivadas, inexactas ú omitidas.

ART. 42. Pueden hacerse señales de parada á un tren que haya pasado del punto en que se encuentre el empleado encargado de ejecutarla.

El conductor que va en el último wagon de freno, es el especialmente encargado de observarlas y repetirlas al que va en el primero, á cuyo efecto deberá tener la mayor vigilancia, con particularidad al atravesar una estacion en que no haya de pararse.

El conductor que ocupa el primer wagon de freno tendrá la mayor atencion por si se hacen estas señales, á fin de repetirlas al maquinista.

ART. 43. Dicho conductor deberá observar cuidadosamente de noche los faroles de costado, y de dia la cola del tren, para cerciorarse de que ningun wagon se ha desenganchado en marcha.

ART. 44. Los maquinistas y fogoneros estarán al cuidado de las señales que les hagan en la vía y los conductores de su tren.

ART. 45. Los jefes de éstos son responsables del cumplimiento de las disposiciones prescritas por el art. 34 para cubrir los trenes detenidos en la vía.

En su defecto, los maquinistas deben vigilar el cumplimiento de estas precauciones.

ART. 46. Se hará uso de las señales de noche desde que el sol se pone hasta su salida.

Las luces de los trenes se encenderán con anticipacion, á fin de evitar que les sorprenda la noche entre dos estaciones.

En tiempo de niebla y en túneles de más de 200 metros de largo, las señales de noche son obligatorias áun de dia.

ART. 47. Siempre que se trate de señalar la parada en plena vía por medio de una señal fija, el agente que coloque

el banderin ó farol encarnado deberá, siempre que le sea posible, colocar petardos en los carriles.

ART. 48. Los empleados de la vía y de las estaciones deberán estar siempre prontos á hacer las señales necesarias, para lo cual llevarán constantemente de dia el banderin y de noche el farol.

Todo empleado que encuentre un tren deberá dar á conocer al maquinista, con los brazos, á falta de otra señal, si la vía está ó no expedita.

ART. 49. Los aparatos de señales deben conservarse en perfecto estado por los agentes á quienes están confiados, los cuales son responsables del abandono en su entretenimiento y conservacion.

Reclamarán inmediatamente los que les falten, y no deberán estar desprovistos de ninguno de ellos.

ART. 50. Todo agente que vea ú ocasione un obstáculo en la vía está obligado, bajo su responsabilidad, á hacer las señales para prevenir los accidentes.

ART. 51. Siempre que se dé la señal de alarma ó peligro inminente, todos los empleados concurrirán al punto de donde proceda para prestar los auxilios que sean necesarios, repitiendo el aviso con la corneta á fin de que los que se hallen más distantes tambien se presenten en el sitio del accidente ó peligro, á no ser que se lo impidan asuntos perentorios é importantes.

ART. 52. Todos los empleados del servicio activo de los ferro-carriles deberán conocer las señales y hallarse en estado de hacerlas en caso de necesidad.

Al ser destinados por la compañía firmarán una declaracion en que conste haber recibido un ejemplar del presente Reglamento y estar impuestos de sus prescripciones.

Esta declaracion se consignará en sus expedientes respectivos.

ART. 53. La inobservancia ó falta de cumplimiento á las

señales, colocan á los empleados bajo la accion de la autoridad.

Las penas y multas que puedan sufrir por una ú otra causa no les dispensa de las que pueda imponerles la compañía.

ART. 54. Todos los empleados de la misma, sean cualesquiera sus funciones, tendrán derecho para vigilar el cumplimiento del presente Reglamento y para señalar á sus respectivos jefes las infracciones que se cometan.

Madrid, 8 de Agosto de 1872.=Aprobado por S. M.= ECHEGARAY.

REGLAMENTO

PARA LA CIRCULACION DE LA VIA UNICA.

(Real órden de 1.° de Octubre de 1864.)

Circulacion y cruce de los trenes.

ARTÍCULO 1.° El jefe de la estacion de la cual deba salir un tren, no lo dejará nunca partir antes de haber comunicado verbalmente sus órdenes al conductor; sin embargo, en caso de ser directo, el jefe de estacion se atendrá á lo dispuesto en el art. 4.°

ART. 2.° La salida de un tren ó máquina se anunciará siempre por telégrafo á la estacion á que se dirija, cuando haya comunicacion telegráfica. En este caso sólo el jefe de estacion ó el que ejerza sus funciones puede dar la órden de salida despues de haber comunicado con la estacion siguiente, y recibido aviso de que no ha salido de ella ningun tren

ni máquina en direccion á la estacion de la cual va á partir el tren.

ART. 3.° En cuanto sea posible, los trenes especiales deben ir acompañados por un empleado del movimiento, debidamente autorizado por el jefe ó subjefe del servicio, ó en su defecto por un inspector del mismo.

ART. 4.° Los trenes y máquinas sueltas deben pararse en todas las estaciones, excepto en los casos en que el director general, el jefe del movimiento ó el que los reemplace, disponga la marcha directa de ellos.

Tan pronto como el jefe de una estacion reciba aviso del de la anterior de que va á llegar un tren directo, preguntará al de la siguiente si la vía está libre, como queda dicho en el art. 2.°, previniéndole al mismo tiempo que el tren que marcha es directo.

En caso de no recibir respuesta ó ser ésta negativa, deberá detenerse el tren; y para que esto pueda verificarse, todo tren ó máquina directa que deba pasar por una estacion disminuirá la velocidad de manera que éntre despacio por las agujas, á fin de que pueda pararse antes de llegar al edificio de viajeros en el momento en que se le haga la señal de alto.

ART. 5.° No podrá ponerse en marcha un tren en una estacion durante la entrada de otro por el lado opuesto, hasta que éste se quede completamente parado.

ART. 6.° El jefe de una estacion adonde llegue un tren, no debe anunciar esta llegada á ninguna otra, sino despues de haberse puesto en comunicacion con el conductor del mismo, y haberse asegurado que el tren ha llegado completo, y que no hay ningun motivo que le pueda dar á conocer que la vía no está libre.

En caso que no fuese así, deberá tomar para la salida de cualquier tren las precauciones necesarias, y avisar exactamente, si puede, ó de una manera aproximada por lo ménos, á la estacion de donde viene el tren, lo que ocurra, y el ki-

lómetro ó punto donde se encuentra el obstáculo y su naturaleza, para que el jefe de dicha estacion pueda dejar salir otro con las debidas precauciones.

Art. 7.° Los puntos en que deban cruzar los trenes regulares y suplementarios se fijarán en los cuadros de servicio. En cuanto á los cruces de los trenes especiales, se designarán por avisos telegráficos ó por escrito, anticipadamente si es posible, por las personas indicadas en los artículos 9 y 10, ó en caso contrario, se harán por los jefes de estacion, segun el modo prescrito en el art. 12.

Art. 8.° Cuando el servicio telegráfico esté interrumpido, se prohibe terminantemente la circulacion de trenes de mercancías de todas clases, máquinas sueltas y trenes de viajeros especiales, cuyos cruces no hayan sido anticipadamente comunicados á las estaciones, excepto en los casos de socorro ó avería. En este caso de interrupcion telegráfica, los trenes ordinarios de viajeros ó especiales, tambien de viajeros, cuyos cruces se hayan fijado con anterioridad, podrán seguir su marcha; pero los cruces se harán precisamente segun el mismo órden prescrito en el cuadro de servicio para los primeros, ó en la órden especial que se haya pasado para los segundos. Las reglas anteriores no podrán modificarse en ningun caso, á no ser que las estaciones incomunicadas puedan pasarse los avisos por medio de propio ó por escrito.

Art. 9.° Sólo al director general ó al jefe del movimiento corresponde:

1.° Modificar ó alterar las disposiciones cuya iniciativa pertenece á los jefes de estacion, segun el art. 12 del presente Reglamento.

2.° Autorizar la circulacion de un tren especial y de los trenes suplementarios.

Art. 10. En el caso de no poder pedir anticipadamente, sea al director general, sea al jefe del movimiento, la auto-

rizacion necesaria, cada inspector podrá en su seccion, y bajo su responsabilidad, usar de las facultades concedidas por el artículo anterior, cuando haya comunicacion telegráfica.

ART. 11. Toda circulacion extraordinaria, ó todo tren suplementario cuya marcha esté marcada en el cuadro del servicio, ó autorizada por aquellos á quienes los artículos 9 y 10 conceden este derecho, debe anunciarse á todas las estaciones por medio del telégrafo cuando haya comunicacion telegráfica, bajo la responsabilidad del jefe de la estacion de salida.

ART. 12. Un tren no debe salir nunca de un punto en el cual deba cruzarle otro antes de la llegada de éste.

Sin embargo, en caso de retraso, el jefe de la estacion donde esté fijado el cruce de dos trenes se concertará con el de la inmediata, y si recibe de él la seguridad de que el tren atrasado no ha llegado á aquella estacion, y de que lo hará parar y permanecer en ella hasta la llegada del tren que va á su encuentro, dará órden á este último para continuar hasta aquella.

El jefe de esta estacion podrá á su vez, y tomando las mismas precauciones, hacer continuar el tren hasta la siguiente, y así sucesivamente hasta aquella en donde pueda tener lugar el cruce de los dos trenes.

ART. 13. En caso de cambio de cruces, la preferencia en la marcha debe darse:

1.° A los trenes correos sobre los trenes ómnibus.

2.° A los trenes ómnibus sobre los trenes mixtos.

Y en todos casos á un tren de viajeros sobre otro de mercancías.

ART. 14. Cuando un tren espere en un apartadero para dejar pasar á otro que marche en la misma direccion, podrá el jefe de la estacion, en caso de que el segundo retrase su llegada, mandar al primero continúe su marcha, segun el cuadro de servicio.

Art. 15. Un tren de viajeros puede salir de una estacion quince minutos detrás de otro tren de viajeros, pero el segundo deberá llevar una velocidad de 25 kilómetros á lo más, y en todo caso menor velocidad que el que le precede.

Un tren de mercancías puede salir de una estacion veinte minutos detrás de otro de mercancías, llevando sólo una velocidad de 15 kilómetros por hora.

Un tren de mercancías puede siempre salir de una estacion veinticinco minutos detrás de uno de viajeros, llevando sólo una velocidad de 15 kilómetros por hora.

Un tren de viajeros puede salir detrás de un tren de mercancías, cuando haya mediado desde la salida de este tren treinta minutos más que el tiempo fijado en el cuadro de su marcha, pero deberá ir á la velocidad de 25 kilómetros por hora á lo más.

En los cuatro casos que quedan previstos en este artículo, deberá ir en la máquina un empleado de la estacion, y en caso que no sea posible, el conductor para cuidar de que no se alteren las condiciones de la marcha que quedan fijadas, sustituyendo al conductor con un empleado de la estacion ó mozo de plantilla.

En todos los casos arriba indicados, el jefe de la estacion avisará al conductor y maquinista que va otro tren delante, indicándoles la hora á que haya salido de su estacion, para que observen con el mayor cuidado, tanto las señales de la vía como las del tren que le preceda, si hubiere lugar.

Para la aplicacion de todos los artículos de este Reglamento se debe considerar como tren de viajeros todo tren que lleve viajeros, cualquiera que sea su denominacion, y como mercancías los demás trenes de todas clases, y áun las máquinas aisladas.

Estas reglas no son aplicables á las máquinas y trenes de socorro, cuyas salidas serán determinadas en cada caso por el empleado que tenga el mando para prestar el auxilio.

Trenes atrasados.—Reclamacion de socorro.

ART. 16. Cuando un tren se halle parado por descomposicion de la máquina ú otro motivo cualquiera, el conductor se pondrá de acuerdo con el maquinista acerca del socorro que haya que reclamar.

Este socorro puede pedirse adelante ó atrás, segun las circunstancias; pero queda terminantemente prohibido reclamarlo á la vez en las dos direcciones.

El conductor reclamará el socorro por escrito, indicando siempre el kilómetro ó sitio donde exista el obstáculo, dirigiéndolo á la estacion más próxima, valiéndose al efecto de la máquina, si su estado le permitiese ir sola, ó de un empleado, en caso contrario. En el primero, el maquinista arreglará su velocidad de modo que no adelante su marcha sobre la reglamentaria del tren retrasado.

Tan luego como el pedido del socorro llegue á la estacion más próxima, se trasmitirá por telégrafo de estacion en estacion hasta el depósito indicado por el conductor, debiendo los jefes de ellas obedecer de un modo absoluto la órden del mismo, sin poder modificarla sino en el caso previsto por los artículos 19 y 20.

ART. 17. Cuando un tren de viajeros sufra un retraso de más de treinta minutos en la hora de llegada á una estacion, se avisará á las de adelante, y los jefes de aquellas en donde haya depósito de máquinas darán conocimiento á los jefes de los mismos de los avisos de retraso, para que se pueda preparar el piloto.

ART. 18. Cuando se pida auxilio hácia adelante, el tren que lo reclama debe permanecer parado hasta la llegada de la máquina de socorro ó aviso de la estacion de que se puede poner en marcha.

ART. 19. Puede emplearse como máquina de socorro to-

da máquina de un tren que esté en apartadero entre el depósito y el punto donde se pida el auxilio.

Art. 20. Cuando un tren alcance entre dos estaciones á otro completamente parado que no haya pedido socorro hácia adelante, su máquina empujará al último hasta la estacion próxima, dejando en la vía sus propios carruajes ó wagones, en todo ó en parte, si fuese necesario. Esta operacion se hará en virtud de órden escrita del conductor del tren que queda en la vía, comunicada al maquinista que ha de ejecutarla.

En tal caso, y hasta la vuelta de la máquina, el tren ó la parte del que quedó en la vía no puede ser empujado por la máquina de socorro que se haya pedido hácia atrás, ni por ningun otro tren que llegase en la misma direccion.

Art. 21. En caso de pararse un tren ó de haber obstáculos en la vía, deben hacerse las señales de alto, adelante y atrás, á la distancia prevenida en los Reglamentos.

Art. 22. Cuando se sepa en un punto cualquiera de la línea que, á consecuencia de un accidente, hay que lamentar desgracias personales, el primer deber de todo empleado de la compañía es, despues de haber avisado á la autoridad local más próxima, ir con todos los medios posibles inmediatamente á socorrer los heridos y ayudar á restablecer la comunicacion.

Art. 23. Cuando un tren retrasado continúe su marcha solo, ó reunido á otro, y la máquina de socorro pedida atrás no fuese ya necesaria, el jefe de la primera estacion á quien se avisó hará parar esta máquina, y la volverá á enviar á su depósito, con las precauciones marcadas en el art. 24 del presente Reglamento.

Máquinas solas.

Art. 24. Las máquinas que vuelvan á su depósito, y las que deban transitar para el servicio privado de la compañía,

podrán engancharse á la cabeza de los trenes ó mandarse aisladas, bajo la responsabilidad del jefe de la estacion de salida, y observándose para ellas, en este último caso, las reglas establecidas en el art. 12.

Roturas de enganches.

ART. 25. En caso de separacion de un tren en dos partes, á consecuencia de la rotura de enganches, el conductor ó guardafreno, colocado sobre la parte del tren que quede en la vía, deberá apretar el freno y emplear todos los medios de que puede disponer para detener los wagones y hacer la señal de alto, con el objeto de prevenir al maquinista.

Despues de haber parado completamente la parte del tren que queda en la vía, y hecho lo necesario para que no vuelva á ponerse en movimiento, el empleado que quede con dicha parte del tren la hará cubrir por delante y por detrás á las distancias prescritas, llamando, en caso de estar solo, al primer empleado de la vía que encuentre.

Cuando el maquinista note la rotura de enganches, parará inmediatamente, á ménos que los wagones separados del tren estén todavía en movimiento en la misma direccion que llevaban, para evitar que la segunda parte del tren alcance bruscamente á la primera.

Si los wagones separados del tren estuviesen á la vista, retrocederá con precaucion para volver á tomarlos. Si, por el contrario, no están á la vista, seguirá su marcha con la primera parte del tren, hasta la próxima estacion, donde dejará los wagones que haya conducido, y volverá con la máquina sola, y con la mayor precaucion, á fin de tomar la segunda parte del tren que haya quedado en la vía.

El jefe de estacion á la cual llegue la primera parte del tren, dará inmediatamente aviso de lo ocurrido á la estacion de la cual salió, para los fines indicados en el art. 6.°

Queda terminantemente prohibido empujar la parte de

tren que quede en la vía, por la máquina de otro que venga por detrás, á no ser que sea por órden del jefe de la estacion á donde ha llegado la primera parte del tren.

Uso del telégrafo eléctrico.

Art. 26. Todos los despachos que directa ó indirectamente interesen á la seguridad de la explotacion, deberán trasmitirse con todas sus letras de estacion á estacion.

Estos despachos deben suscribirse en cada estacion en el libro destinado al efecto, mencionando la fecha y las horas de recepcion y de reexpedicion.

Este registro lo consultará siempre el empleado que éntre de servicio, para estar al corriente de lo que haya ocurrido durante su ausencia.

El empleado saliente suministrará al entrante todos los datos útiles que pueda proporcionarle.

Art. 27. Se pondrá con anticipacion en conocimiento de los empleados interesados, toda modificacion parcial ó total que se introduzca en el servicio, indicando los puntos de cruce de los trenes de todas clases.

Art. 28. Todos los empleados que se indican en el artículo 177 del Reglamento de 8 de Julio de 1859 para la ejecucion de la Ley de policía, deberán llevar un ejemplar del presente, y además el especial de su servicio, en el cual se comprenderán las prescripciones que les corresponda de dicha Ley y Reglamento de policía.

REGLAMENTO

PARA LA VIGILANCIA DE LA VIA (*).

Artículo 1.° La policía y vigilancia de las líneas de la

(*) Línea de Madrid á Zaragoza y Alicante, autorizado por la Division de ferro-carriles de Madrid, en 30 de Abril de 1875.

Compañía están inmediatamente confiadas en cada trozo á la brigada del mismo.

ART. 2.° Esta vigilancia se ejerce:

De dia. Por el capataz, el guardavía de dia, los obreros, los guardabarreras y los guardas especiales.

De noche. Por el obrero á quien por turno corresponda este servicio, por los guardabarreras de noche y los guardas especiales.

La designacion de horas para estos servicios, segun las estaciones, se hará por una órden especial.

Cuando haya necesidad de hacer conocer alguna circunstancia interesante, los agentes encargados del servicio de dia permanecerán en su puesto hasta la llegada de los guardas de noche y vice-versa.

ART. 3.° Los agentes citados deberán vigilar ante todo por la seguridad de la circulacion de los trenes, impidiendo, reparando, ó señalando con cuidado todo lo que pueda ser un obstáculo en la parte de vía que está á su cargo.

Deberán tambien vigilar la conservacion de las obras del camino de hierro y sus dependencias.

ART. 4.° Para las atenciones del servicio de vigilancia de la vía, las brigadas estarán provistas de lo siguiente:

1.° Del Reglamento de la Ley de policía.

2.° Idem de señales.

3.° Del presente Reglamento.

4.° De las instrucciones que hagan especial referencia á su servicio.

5.° De dos banderines encarnados y dos verdes.

6.° De un farol de señales con sus cristales, claro, rojo y verde.

7.° De dos trompas de aviso.

8.° De dos cajas de petardos.

9.° De dos carteras para llevar los reglamentos é instrucciones.

Art. 5.° Además, cada uno de los guardabarreras, hombres ó mujeres, tendrá:

1.° Un banderin encarnado.

2.° Un idem verde.

3.° Un farol de señales.

4.° Una trompa de aviso.

5.° Una caja de petardos.

6.° Una rasqueta.

Art. 6.° Los guardas de todas clases (incluyendo en esta denominacion, para los efectos de este artículo y para los siguientes del Reglamento, á los capataces y á los obreros que hacen el servicio de noche), tendrán obligacion de conocer el Reglamento de señales, aprobado por el Gobierno.

Art. 7.° El capataz y el guardavía de dia, al recorrer su trozo, el obrero al verificar su servicio de noche, y los guardabarreras y guardas especiales, al salir á recibir los trenes, deberán siempre llevar consigo: *de dia*, los banderines verde y encarnado, la trompa de aviso y la caja de petardos; *de noche*, es decir, desde que se pone el sol hasta que sale, y en tiempo de niebla, el farol de señales encendido, la trompa de aviso y la caja de petardos.

Tambien llevarán el farol los guardavías de dia que tengan túneles en sus trozos.

Art. 8.° Al paso de los trenes y de las máquinas, los guardas deben colocarse en la banqueta del camino á la derecha del tren que llega, siempre que fuese posible, y los guardabarreras delante de la cadena ó palenque de su paso, estando prontos á hacer las señales que sean necesarias.

El agente que se aperciba demasiado tarde de la llegada de un tren, no intentará cruzar la vía para colocarse á su derecha, y lo recibirá, por tanto, á la izquierda.

Art. 9.° Los guardas afectos al servicio especial de los túneles, si los hubiese, deben recorrerlos, en cuanto sea posible, antes del paso de los trenes de viajeros.

ART. 10. Los guardas de toda clase anunciarán, tanto de dia como de noche, con un toque prolongado de trompa, la proximidad de un tren ó máquina aislada, así que lo tengan á la vista ó que oigan el ruido de su marcha.

ART. 11. Desde el momento que se divise un tren, los guardas observarán su marcha con la mayor atencion, á fin de repetir á los maquinistas las señales que pudieran hacer los conductores del tren, ó hacer por sí mismos las convenientes, si observasen en él algun motivo cualquiera que las exigiese.

ART. 12. Los guardas de todas clases, despues de haber pasado un tren de viajeros, harán durante cinco minutos la señal de alto, desplegando el banderin encarnado, si es de dia, ó presentando la luz roja si es de noche; para los trenes de mercancías se mantendrá la señal de alto por espacio de diez minutos. En ambos casos, despues de la señal de alto, harán la de precaucion por otros cinco minutos más.

ART. 13. Si al paso de un tren observasen los guardas algo que exigiese llamar la atencion del maquinista ó empleados del mismo, lo harán agitando fuertemente el banderin ó la luz roja.

ART. 14. Pudiendo suceder que circule algun tren extraordinario, ó máquina aislada, sin estar anunciado en la forma prevenida, los guardas deberán estar siempre preparados para hacer las señales de reglamento, como si esperasen el paso de un tren.

ART. 15. En el caso de pararse un tren sobre la vía, el primer deber de los capataces y guardas es ponerse á las órdenes de su conductor, obedeciendo las instrucciones que les dé.

ART. 16. No deberá empezarse ningun trabajo que intercepte la vía, sin que antes se hayan puesto por uno y otro lado las señales de alto; éstas, en condiciones ordinarias, se establecerán á 800 metros por uno y otro lado del punto in-

terceptado, y á 1200 metros en las pendientes que pasen de 8 milímetros, y en las curvas que tengan un rádio tan corto que impidan la vista de la señal á la distancia de 400 metros.

En dias de niebla ó de nieve, deberán hacerse las señales á 400 metros más de distancia que en tiempo ordinario.

Ningun trabajo que deba interceptar la vía, se ejecutará de noche ni en tiempo de niebla, á no ser que fuera sumamente urgente.

Cuando haya que pasar con precaucion por algun punto se establecerán las señales verdes á las distancias de 500 á 700 metros, segun los dos casos indicados en el párrafo primero del presente artículo, aumentándose estas distancias en 200 metros, en tiempo de niebla ó de nieve, y además en el punto de que se trate se colocará siempre un banderin fijo si es de dia, ó una luz blanca si es de noche, para indicar que desde allí puede volver á tomar el tren su velocidad reglamentaria.

Art. 17. Cuando un cangrejo circule, ó se estacione sobre la vía, se colocarán dos agentes, provistos de las señales de alto, á las distancias marcadas en el artículo anterior, á uno y á otro lado del cangrejo, para detener todo tren ó máquina que se presente sobre la vía.

Los cangrejos deberán retirarse de la vía, por lo ménos quince minutos antes del paso de los trenes.

No deberán nunca usarse los cangrejos de noche, ni en dias de niebla.

Art. 18. Si un capataz ó guarda, al recorrer la vía, notase una separacion ó rotura en los carriles, deterioro, asiento ú otros desperfectos, y en general, un obstáculo de cualquiera naturaleza que pueda comprometer la seguridad de los trenes y no hubiera á la inmediacion otro agente, se quedará en el sitio del accidente, estando prevenido para salir al encuentro del tren que esperase ó de otro especial ó máquina aislada que pudiera llegar, y hará la señal de alto

á la distancia marcada, si fuese posible. Pedirá además auxilio por todos los medios que encuentre á su disposicion.

Si pudiera disponer de otra persona para auxiliarle, la hará marchar en un sentido, miéntras él vá en el opuesto para establecer ó hacer las señales de alto á la distancia marcada.

Art. 19. Los capataces y guardas se asegurarán cuidadosamente de que en la vía no existe obstáculo alguno que se oponga á la libre marcha de los trenes. Si sucediese lo contrario, harán inmediatamente las reparaciones de poca importancia que puedan practicar por sí, avisando á la brigada en caso de necesitar su auxilio.

Es además obligacion de los guardas señalar á los capataces, sin pérdida de momento, todos los defectos que noten en la vía.

Art. 20. Los guardas impedirán la circulacion y permanencia sobre el camino de hierro y sus dependencias, de toda persona extraña al servicio, á no ser que esté competentemente autorizada al efecto.

Están dispensados de la autorizacion oficial, los agentes de las inspecciones del Gobierno, los Gobernadores, Alcaldes y Tenientes de Alcalde, los Comisarios de policía, los Guardias civiles, los empleados del telégrafo del Gobierno, y cualesquiera otros agentes de la fuerza pública en el ejercicio de sus funciones y revestidos de sus uniformes ó insignias, ó provistos de sus nombramientos.

Los funcionarios públicos arriba indicados están obligados á someterse siempre á las medidas de precaucion, cuya ejecucion está confiada á los agentes de la vigilancia del ferro-carril.

Art. 21. Si se encontrase en las dependencias del camino una persona extraña al servicio, no comprendida en las excepciones indicadas en el artículo anterior, el guarda la conducirá fuera de la vía, despues de haber tomado su nom-

bre y señas para presentar la denuncia correspondiente, y de haberse asegurado que su intencion no era causar daño alguno.

Si sospechase que estaba con un objeto reprobado, la detendrá ó hará detener, dando parte á la autoridad más inmediata.

Art. 22. Si al tratar de impedir ó prevenir actos contrarios á las leyes y reglamentos, los contraventores ó sus cómplices opusieran resistencia á los encargados de la vigilancia de la vía, llamarán éstos en su auxilio á otros cualesquiera agentes del camino de hierro, los cuales deberán inmediatamente darles socorro.

Podrán además impetrar el auxilio de la autoridad local y de la fuerza pública.

Art. 23. Los capataces y guardas harán salir del camino ó de sus dependencias á los animales que en él puedan haberse introducido.

Art. 24. Impedirán que se arroje ó se deposite cualquier objeto, aunque sea momentáneamente, sobre el terreno perteneciente al camino, y recogerán todos aquellos que se encuentren en él.

Art. 25. En las épocas de nieves y fuertes lluvias, ejercerán los guardas una activa y eficaz vigilancia, avisando á quien corresponda, por todos los medios que estén á su disposicion, tan pronto como crean que hay peligro para la circulacion de los trenes, bien por la altura que tome la nieve ó bien porque las aguas amenacen arrastrar el balasto ó destruir las explanaciones.

Art. 26. En caso de accidente, el personal que no esté de servicio, ó cuya presencia no sea necesaria en el puesto que ocupe, tiene obligacion de acudir al punto del peligro al primer aviso ó en cuanto llegue á su noticia, para cooperar oportunamente á la reparacion del daño.

Art. 27. Los capataces y guardas en su paso por la lí-

nea, vigilarán los postes ó hilos telegráficos y avisarán á sus jefes y á la estacion más próxima de los deterioros y roturas que hubiere, reponiendo en su sitio, á ser posible, cualquier palo caido ó próximo á caerse y aislando desde luego los hilos rotos, para impedir su contacto con los demás; ayudarán asimismo á los empleados del telégrafo, pero únicamente cuando á su juicio lo permita el estado de la vía.

ART. 28. Recogerán escrupulosamente todos los objetos caidos de los trenes, entregándolos bajo recibo al jefe de la estacion más próxima ó avisándole si el efecto fuese de gran peso.

ART. 29. Todo accidente ocurrido en el camino de hierro, así de averías en la vía ó en el material, como de desgracias personales, será puesto inmediatamente en conocimiento de los asentadores por los indivíduos de las brigadas.

ART. 30. Todo el personal afecto á las brigadas deberá saber los nombres y residencias de los asentadores respectivos, á fin de poderlos avisar inmediatamente en caso de urgencia.

ART. 31. Las mujeres guardabarreras están autorizadas para ocuparse en sus faenas domésticas cuando el servicio no exija su presencia en la vía.

ART. 32. Los guardabarreras deben limpiar frecuentemente las ranuras de los pasos á nivel y particularmente á la aproximacion de los trenes y cuidar de la conservacion de las barreras.

ART. 33. Los guardas de todas clases no podrán abandonar un sólo instante su servicio sin permiso de sus jefes.

ART. 34. Los agentes encargados de la vigilancia de la vía, serán responsables de cuanto ocurra en la parte de línea que está confiada á su servicio, en caso de haber faltado al presente Reglamento.

Autorizado por la Division de ferro-carriles de Madrid, en 30 de Abril de 1875.

ARTICULO TERCERO.

LIMPIEZA Y RECONOCIMIENTO DE UNA MÁQUINA.

72. Limpieza de la máquina.—Su importancia.—La limpieza de la máquina comprende dos partes: la interior de la caldera, y la exterior del generador y vehículo.

Fácil es demostrar la utilidad, y mejor dicho todavía, la necesidad de practicar frecuentes limpiezas en la locomotora. Por lo que respecta á la caldera, sabido es que las aguas de alimentacion son generalmente impuras y forman depósitos é incrustaciones sumamente perjudiciales á la economía de combustible, entretenimiento del generador y áun seguridad de viajeros y empleados (primera parte, capítulo III, artículo segundo). En lo referente al exterior del generador, vehículo y órganos de trasformacion de movimiento, la limpieza es garantía de seguridad: en las piezas limpias se descubre á primera vista la más pequeña grieta, la menor señal de fractura probable, miéntras que si están cubiertas de la capa de suciedad que forma la grasa y el polvo, es difícil descubrir el menor indicio de deterioro.

Además: al efectuar la limpieza hay necesidad de repasar detenidamente una á una todas las piezas: el reconocimiento no puede ser más escrupuloso, y dá lugar á observar el estado de todas ellas y la falta de alguna, áun del más insignificante pasador.

Con limpiezas frecuentes, el maquinista trabaja más confiadamente, y la máquina funciona en mejores condiciones, porque la suciedad en las piezas sujetas á rozamientos es causa de que aumente la energía de éstos.

73. Lavado interior de la caldera.—En las paradas algo prolongadas, si la tension del vapor acusada por el ma-

nómetro es elevada y el techo del hogar se encuentra cubierto cuando ménos de una altura de agua de dos decímetros, puede el maquinista aprovechar el exceso de presion de que dispone para limpiar los fondos de la caldera. Abre al efecto una ó las dos llaves de limpieza del cajon de fuego, y por ellas sale violentamente el agua, arrastrando los depósitos que en forma de barro se encuentran en el fondo de la caldera y que todavía no se han adherido con fuerza á sus paredes. Las llaves se cierran cuando el nivel de agua en el tubo indicador esté próximo al fondo; ó cuando la presion baje más de lo que convenga, teniendo en cuenta el tiempo disponible para hacerla subir al grado necesario al trabajo que la máquina ha de desarrollar.

Esta operacion es insuficiente para mantener limpio el interior de la caldera, y se hace preciso apelar á lavados más enérgicos que hagan desaparecer las incrustaciones. Los lavados se efectúan en los depósitos, con intérvalos cuya duracion depende de la mayor ó menor impureza de las aguas empleadas en la alimentacion.

Llegada la máquina al depósito y arrojado preliminarmente el fuego del hogar, algunos maquinistas aprovechan la tension que el vapor conserva todavía, para vaciar de agua la caldera, con objeto de expulsar los depósitos no solidificados.

Este método tiene un inconveniente: las placas metálicas del generador conservan por algun tiempo elevada temperatura, que absorbida por los depósitos no expulsados é incrustaciones formadas, no bañadas ya por el agua, los endurece de tal modo, que se hace despues penosa en extremo su extraccion. Preferible es dejar condensar el vapor y enfriar el agua antes de darle la salida natural por las llaves de limpieza, que en este caso serán de desagüe.

Una vez vaciada la caldera se abren todos los agujeros de limpieza.

Es prudente haberla dejado enfriar antes por algun tiempo, para dar lugar á la condensacion de las pequeñas cantidades de vapor que á veces permanecen en las cámaras formadas por las incrustaciones en los espacios estrechos, como son los que resultan entre los tubos, y los que separan el hogar de la caja exterior de fuego. Por falta de esta precaucion ha sucedido alguna vez que al levantar las planchuelas ó tapones de los agujeros de limpieza, se ha dado salida al vapor de las cámaras, resultando el maquinista imprevisor con la cara y manos quemadas.

Abiertos todos los orificios, se inyecta en la caldera agua á gran presion, procedente de un depósito elevado expresamente á la conveniente altura, y al mismo tiempo se introducen por los agujeros de limpieza varillas de hierro, con rascadores en uno de sus extremos, para arrancar las costras, continuando la operacion miéntras tanto arrastre el agua, al salir, partículas de incrustaciones.

Se procura alcanzar con la rasqueta toda la superficie interior, pero con preferencia los espacios estrechos de la caja exterior de fuego, y el techo del hogar, valiéndose para este último del agujero de limpieza que hay por encima de la portezuela del fogon.

Para que la limpieza sea más completa, se desmonta si es preciso la cúpula, ó, si no la hay, el agujero de hombre: de este modo se podrá introducir un obrero en el interior de la caldera, y alcanzar las partes más ocultas.

A veces las incrustaciones están adheridas tan fuertemente á las paredes, que es preciso arrancarlas con cincel y martillo; operacion sumamente delicada, cuya práctica exige esmero y cuidado para no destruir los metales, particularmente en la tubería.

Los tubos se limpian con dificultad, especialmente los de las hiladas inferiores, aunque el operario se introduzca en el cuerpo cilíndrico. Si se juzga necesario, se desmontan las

armaduras y tirantes del techo del hogar para la mejor limpieza de éste.

La caldera ha de estar fria antes de introducir el agua, porque de lo contrario, la contraccion repentina que experimenta el metal, lo grietéa y destruye: los casquillos se aflojan, las uniones todas padecen, y se dá orígen á escapes de agua y vapor perjudiciales. Hay que evitar toda transicion brusca de temperatura por este motivo: así es que se proscribe tambien el método que consiste en introducir en la caldera, ya fria, vapor á gran presion procedente de otra en actividad, con objeto de que por la brusca diferencia de temperatura entre el metal y las incrustaciones adheridas, se rompan y desprendan fácilmente.

La periodicidad más conveniente en el lavado, depende, como ántes se indicó, de la naturaleza de las aguas de alimentacion. Con aguas medianamente puras, el lavado se hace comunmente cada diez, doce ó catorce dias, al fin de cada campaña, cuando la máquina entra en el depósito.

74. Limpieza exterior de la máquina.—Los tubos se tapizan de cenizas, negro de humo y pequeños fragmentos de escoria, que entorpecen el tiro y disminuyen, por su pequeña conductibilidad calorífica, la vaporizacion. Para limpiarlos se emplea una pequeña escoba ó tapon de estopa, colocados al extremo de una varilla delgada de hierro que se introduce por la caja de humo, maniobrándola con cuidado, evitando todo choque brusco que pudiera deformarlos, y áun romperlos: si se nota resistencia al paso de la escoba, se hace uso de varilla más gruesa, capaz de recibir y trasmitir mayor esfuerzo, y hacer desaparecer el principio de obstruccion.

En algunas máquinas fijas se obtiene la limpieza de la tubería por la inyeccion de un chorro de vapor.

Terminada esta operacion, cualquiera que sea el método adoptado, se pasa á la caja de humo. Ha de taparse preliminarmente, con trapos viejos ó algodon, la extremidad supe-

rior del tubo de escape, para que no caiga ninguna suciedad á los cilindros; y con una escoba se limpia la placa tubular, las paredes y fondo. En fin, se rasca y barre la parte interior de la chimenea, cuyo estado de limpieza ejerce importante influencia en el tiro.

Las piezas pulimentadas del mecanismo, tales como las paralelas, vástagos de émbolo, varillas de distribuidores y sus guias, bielas, ejes, barras de excéntrica, aparato de cambio de marcha, etc., se limpian con trapos ó algodones mojados en aceite y se frotan despues con otros secos.

Los cojinetes, cajas de grasa, paralelas, y en general las partes sujetas á grandes rozamientos, se llenan de una masilla formada por la grasa, limaduras y polvo fino, que es difícil quitar si no se rasca antes, cuidando de no arañar los metales.

Los aceiteros merecen especial atencion, limpiando con trapos los depósitos, y escarbando con alambres los conductos, quitando todo lo que pueda obstruirlos.

Las partes pintadas, como son las ruedas, camisa de las calderas, cúpulas, cilindros y cajas de distribucion, se limpian con esponjas ó trapos mojados de aceite y rociados con algunas gotas de aguarrás. Si la masilla de que ántes hablamos existe en algun punto, se rasca, cuidando de no estropear la pintura.

Se previene la oxidacion en las piezas pulimentadas frotándolas, despues de limpias, con trapos ligeramente mojados de aceite; pero una vez formada, este expediente es inútil si no se hace desaparecer antes con esmeril, cuidando de que no caigan granos en las articulaciones ó superficies en contacto expuestas á rozamientos, porque se rayarian.

Si la máquina está expuesta á la lluvia contínua, ó encerrada en local húmedo, el aceite no basta, y es preciso extender sobre las piezas que se quieren preservar una capa de sebo.

Los constructores pulimentan los ejes, bielas y superficies que se rozan, para que sea más fácil descubrir las primeras señales de fractura; y el resto lo pintan, generalmente de negro.

La limpieza exterior debe hacerse más frecuentemente que el lavado interior.

Una máquina limpia dá buena idea del maquinista que la conduce: si la limpieza se hace de tarde en tarde cuesta más trabajo, porque la capa de suciedad se adhiere con mucha fuerza, y porque dá pereza empezarla. Por último: en una locomotora súcia el maquinista tiene cierta repugnancia á penetrar debajo de ella para hacer el reconocimiento, ó si lo hace es incompleto, y ya en un principio se ha manifestado cuánto conviene sea escrupuloso, como medida de seguridad. A algunos maquinistas que en su larga carrera no han experimentado percance alguno, les hemos oido atribuir esta singularidad al esmero que ponian siempre en la limpieza y reconocimiento frecuentes de su máquina.

75. Preservacion de las máquinas que entran en depósito por mucho tiempo.—Vaciada el agua que pueda haber en la caldera, cilindros, cajas de distribucion, tubos de conduccion, etc., se dejan abiertos durante algunas horas los conductos y grifos por los que pueda llegar aire al interior, para que seque las superficies ántes mojadas; y despues se cierran herméticamente con objeto de evitar la introduccion de todo cuerpo exterior. Tambien se deben vaciar los aceiteros y limpiar las suciedades del fondo y conductos.

Las articulaciones, cojinetes, etc., se envuelven con algodon ó cáñamo, para evitar que penetre en las superficies en contacto, arena ó cualquiera otra materia dura; y las piezas pulimentadas se cubren de una capa de sebo fundido, extendida con brocha.

Es conveniente desmontar los émbolos distribuidores y

conos de llaves de los grifos, porque si se oxidan es muy difícil despues separarlos de sus asientos.

La chimenea se cubre con el capuchon, y si no lo tiene, con tablas, para que no penetre agua en su interior.

El local ha de ser seco: de vez en cuando se debe visitar la máquina y si se observa algun principio de oxidacion se rasca la parte oxidada, cubriéndola de nuevo con una capa de sebo, si estaba pulimentada, ó de pintura si era pintada.

76. Reconocimiento de una locomotora. — La primera obligacion en un maquinista es la de hacer un perfecto reconocimiento de la locomotora que va á emplear: de este modo se pueden prevenir muchos de los accidentes que ocurren en marcha, sabiendo de antemano los defectos, para corregir con antelacion los que sean susceptibles de ello, y para tener en cuenta los que no lo son.

¡Cuántas veces por falta de este reconocimiento ha habido descarrilamientos, roturas de ejes, etc., que hubieran podido prevenirse fácilmente con un poco de cuidado!

La experiencia acredita que con un reconocimiento escrupuloso, antes de cada viaje, se tiene mucho adelantado para librarse de los peligrosos accidentes que ocurrir suelen en la explotacion de las vías férreas; y el maquinista ha de grabar en su ánimo esta verdad, procurando por su parte no economizar los medios para ello; pues no sólo se trata de su reputacion y existencia que pueden verse comprometidas, sino de los intereses de la empresa y de la vida de muchas personas.

El reconocimiento preliminar de la locomotora tiene además otro objeto muy importante cuando el maquinista se ha de encargar por primera vez de ella: al par que averigua su estado, se entera de la disposicion de sus diversas partes, modo de maniobrar los diferentes registros, llaves, etc.; y aprecia, aunque sea aproximadamente tan sólo, la potencia que en sus manos podrá desarrollar.

Aunque el exámen de una máquina antes de ser empleada conviene sea completo, no siempre se está en disposicion de hacerlo igualmente minucioso, por falta de medios y tiempo; ni tampoco es siempre tan necesario, porque otras visitas hechas anteriormente dispensan de hacerlas nuevamente en algunas partes ménos expuestas á alterarse.

Por todas estas razones, clasificarémos los reconocimientos de que vamos á tratar por órden de importancia en el siguiente:

1.° Reconocimientos practicados en talleres cuando se trata de una locomotora desconocida, ya en uso, ó de otra conocida de bastante tiempo de servicio y se tenga indicios de que se encuentra en mal estado.

2.° Visita minuciosa cuando un maquinista se va á encargar de una locomotora por primera vez.

3.° Visita siempre que se pone á la cabeza de un tren con su máquina, ya conocida.

4.° Visita en las estaciones, en paradas largas, ó cuando ha ocurrido algun accidente en marcha.

77. Reconocimiento de una máquina en talleres.— Disponiendo de tiempo suficiente y de los medios y útiles de los talleres de reparacion que en toda línea férrea bien organizada existen, el reconocimiento puede ser completo.

Tratándose de máquinas que llevan bastante tiempo de servicio, los primeros cuidados se han de dedicar á la visita interior y escrupulosa del generador, desmontando al efecto la cúpula, ó el agujero de hombre, si ésta no existe.

El interior de las calderas, al cabo de un servicio más ó ménos prolongado, sufre no despreciables detrimentos: el metal se altera en algunas partes, disminuye de espesor y por consiguiente de resistencia, con peligro de explosion.

De dos clases son las alteraciones que se presentan:

1.° Corrosiones en forma de hoquedades de desigual pro-

fundidad, distribuidas irregularmente en la superficie bañada por el agua.

Comunmente se forman en la parte inferior de la caldera (figura 7, lámina 35); otras veces en las paredes anterior y posterior de la caja exterior de fuego, hácia los bordes solapados (figura 8) ó en los mismos ángulos (figura 9).

2.° Surcos contínuos, de profundidad casi constante, segun las líneas interiores de union, longitudinales ó circulares, de las chapas de palastro que componen el cuerpo cilíndrico (figura 10). Tambien aparecen en la placa tubular de la caja de humo, ó en el cuerpo cilíndrico y correspondiéndose con la escuadra de hierro de la armadura.

Unos y otros llegan á alcanzar profundidades grandes; algunas veces de los $\frac{2}{5}$ del espesor de los palastros, produciéndose explosiones. Se presentan igualmente en los palastros de hierro y en los de acero, al cabo de dos años y medio, tres, cinco ó seis de servicio.

Atribúyense las corrosiones á la calidad del agua, que puede contener en disolucion sales que ataquen el metal, y á la naturaleza de éste: tambien influyen poderosamente la temperatura y presion elevadas á que contínuamente se encuentra sujeta la caldera.

Se manifiestan irregularmente por la falta de homogeneidad de los metales, apareciendo más pronto en los puntos débiles.

Créese que los surcos son debidos, en el principio de su formacion, á las acciones químicas que se desarrollan siempre en el contacto de dos piezas metálicas, áun de la misma naturaleza, en presencia del agua, y son continuadas y aumentadas por acciones puramente mecánicas; la frecuencia de los enfriamientos y elevaciones de temperatura á que la locomotora, más que otra máquina de vapor cualquiera, está sujeta, producen contracciones y dilataciones que fatigan el metal, principalmente en las uniones.

Cualquiera que sea la causa, importa reconocer las calderas interiormente con cierta periodicidad, y así se halla establecido en todos los reglamentos de policía. Las visitas periódicas, para seguridad, han de repetirse cada tres años. En toda época, si las corrosiones y surcos alcanzan profundidad alarmante, debe desecharse la caldera para su uso inmediato.

Las armaduras y tirantes que consolidan la caldera merecen tambien un detenido exámen, reconociendo á la vista y por el sonido si presentan principios de fractura, y si las uniones con las paredes se hallan en buen estado. Estos reconocimientos suponen que se ha quitado ántes las incrustaciones y sedimentos interiores formados por el agua.

La tubería debe ser objeto de un exámen especial, viendo si se han formado corrosiones ó si los tubos están encorvados ó con principios de rayas en algun punto de su superficie.

No es ménos importante el reconocimiento de los virotillos que mantienen la separacion de las paredes del hogar y del cajon de fuego exterior. Si algùno de ellos está roto, la parte de esfuerzo de extension que le correspondia soportar carga sobre los inmediatos, que á su vez pueden ceder, dando lugar á una explosion. La visita de los virotillos sólo puede hacerse por sus cabezas, en vista de la dificultad de penetrar en el estrecho espacio donde están comprendidos. Se hace el reconocimiento golpeando con un martillo en las cabezas, para deducir de su sonoridad el estado en que se hallan; pero es muy preferible, en caso de duda, perforarlos longitudinalmente, con lo cual se conocerá con evidencia si hay alguna solucion de continuidad.

Al efecto, en muchas máquinas nuevas, los virotillos tienen hecho ya el taladro en una parte de su longitud, por sus dos cabezas: fácil es continuarlo despues, y á veces no será necesario porque muy frecuentemente la fractura tiene lugar en los extremos.

En marcha, la fractura de un virotillo se dá á conocer en seguida por los escapes de agua junto á los bordes de sus cabezas, si bien no es fácil precisar cuál de ellos es el roto.

Se examinará igualmente el estado de los palastros que componen la caldera, y sus uniones ó costuras, reconociendo si hay abolladuras ó partes quemadas. Siempre que haya duda sobre el espesor y resistencia en algun punto de la superficie se hace un pequeño barreno.

El tubo de toma de vapor ha de encontrarse tambien en buen estado, tanto en su superficie como en las uniones, pues de lo contrario, áun con el regulador cerrado, no se estableceria la incomunicacion indispensable entre los cilindros y la caldera, y se perderia vapor sin objeto. Las pérdidas de vapor por el tubo de toma son muy de temer cuando tienen lugar en gran cantidad, porque puede suceder que la locomotora se ponga en marcha, sola, estando parada y con el regulador cerrado.

Por iguales motivos conviene examinar si la corredera del regulador tapa perfectamente las lumbreras del mismo cuando la palanca se lleva al punto extremo anterior de su carrera.

No siempre sucede esto: unas veces porque las varillas de maniobra se alargan y las articulaciones toman holguras; y otras porque los pequeños resortes de la corredera se rompen, y se interponen en las guias pequeños fragmentos de incrustacion, barro ó cualquiera otra materia, que la impiden aplicarse bien sobre la tabla de lumbreras.

La reparticion de peso sobre los ejes, puede ser verificada y rectificada, en las básculas que con este objeto se encuentran en los talleres.

Los defectos del montaje, en las máquinas, son los que afectan mayor gravedad. Una máquina mal montada tiene poca vida: se desarrollan grandes rozamientos y choques, que conducen, con el tiempo, á la fractura de los órganos

más principales; y estos defectos crecen con el servicio, dando orígen á otros nuevos.

En una máquina bien montada, el vástago de cada émbolo ha de ser perpendicular al plano de éste en su centro; la estopera abierta en el centro de la tapadera posterior; el plano vertical que pasa por el eje de un cilindro ha de contener el eje de las paralelas y el de la biela motriz; los codos ó manivelas del eje motor le han de ser perpendiculares, y lo mismo el plano medio de las ruedas que le están acuñadas; finalmente: el eje motor ha de ser perpendicular al plano vertical ántes citado.

De no cumplirse estas condiciones, los cilindros se rayan y destruyen; los casquillos de las estoperas se ovalizan pronto; las tracciones operadas por el intermedio de las bielas motrices se ejercen oblícuamente y los cojinetes se desgastan con rapidez.

Para verificar el montaje hay necesidad da desmontar la biela motriz, levantar la tapadera anterior y sacar el émbolo: tendiendo un hilo que pase por los centros de las bases de los cilindros y llegue hasta el eje motor, se podrá reconocer si las paralelas están bien situadas, de modo que sus líneas medias equidisten de aquel, y si hay defectos en la colocacion de la biela.

La perpendicularidad del vástago en el centro del plano del émbolo es de fácil verificacion con la escuadra y el compás.

Cuanto queda dicho, dista mucho de constituir el programa del reconocimiento perfecto de una locomotora; pero en los siguientes números se exponen los extremos que el exámen ha de abrazar, y que no incluimos en el presente por evitar repeticiones. Sólo hemos expuesto las partes que exigen tiempo y los recursos de los talleres.

78. Reconocimiento de una locomotora cuando el maquinista va á encargarse de ella por primera vez.—

Si cuenta con los medios y tiempo que exigen los reconocimientos explicados en el número anterior, deberá hacerlos: en el caso de no ser posibles, practicará el siguiente exámen.

Se introducirá en el hogar, y golpeando con un martillo las cabezas de los virotillos, deducirá por el sonido si está roto alguno. Rascará la *caspa* ó suciedad de las paredes para asegurarse de su buen estado por el color del cobre: las partes quemadas se reconocen por el color rojo que toman.

Si en la circunferencia de las cabezas de los tubos ó virotillos hubiese verdin, es prueba de que por ellos se escapa agua, accidente que es preciso prevenir, porque los escapes apagan el combustible, si son abundantes; aumenta el gasto de éste y disminuye la presion máxima, que de otro modo es posible obtener. Los escapes de agua por la circunferencia de los tubos es debida á que los casquillos están flojos: se apretarán y remacharán con el martillo los bordes de los tubos, pero con cuidado, sin golpes violentos, para no mover los contiguos.

Debe verificarse asimismo el estado de las armaduras que riostran las superficies planas: golpeando al efecto éstas con el martillo, se distinguirá por el sonido si alguna de aquellas está rota.

Las chapas de cobre que forman las paredes y techo del hogar disminuyen, con el uso, de espesor. Si se tuviese duda de su resistencia, podrá hacerse un pequeño barreno para determinarlo.

Los barrotes de las parrillas ó rejillas del hogar han de estar limpios de escoria, para que ésta no intercepte el paso del aire que exige la combustion activa. Si están flexados y amenazan plegarse ó caerse bajo el peso de combustible, han de sustituirse por otros nuevos, tomando igual determinacion con aquellos que sean demasiado largos, porque al dilatarse tropezarian con las paredes interiores del hogar, deteriorándolas.

Si falta algun barrote, ó hay alguno inútil, y no se tiene á mano otros con que hacer la sustitucion, se espaciarán los disponibles; pero esta solucion no es aceptable si resultan claros tan grandes, segun la naturaleza del combustible, que las brasas y carbon fresco no puedan sostenerse en la parrilla y caigan en abundancia á la vía.

Cuando una parte de la rejilla sea móvil, se examinará si funciona bien, maniobrando las fallebas ó palancas convenientes.

Despues reconocerá el cenicero, y si es cerrado, los registros de aire y varillas de maniobra.

Levantará las planchuelas que obturan los agujeros de limpieza de los ángulos inferiores del cajon exterior de fuego, introducirá por ellos rasquetas para ver si hay incrustaciones y depósitos encima del marco inferior: si las hay las quitará; y si están tan firmemente adheridas que hagan imposible esta operacion, reconocerá si la altura de la costra es tal que haya peligro de que las partes bajas del hogar queden expuestas al fuego sin estar bañadas por el agua; pues en este caso se hace preciso elevar la parrilla, en el interior.

Pasará en seguida á reconocer el exterior de la caldera. Verá si existe algun remiendo y si está bien sujeto: si la camisa está en buen estado, así como los cintillos; si las juntas pierden agua, ó vapor, reconociéndose lo primero algunas veces por las películas de incrustaciones que salen al exterior. Los escapes de las juntas se pueden suprimir, remachando las piezas que se unen: hay que observarlos con cuidado para prevenirlos, porque en los sitios en que se producen, la caldera se altera; las chapas se adelgazan, sin duda porque á la accion mecánica del escape de agua ó vapor se añade la oxidante, mucho más activa. La imperfeccion de las juntas y magnitud de los escapes no puede apreciarse bien sino cuando la caldera está en presion, á la ordinaria de trabajo.

En la caja de humo reconocerá el estado de la tubería; si la chimenea está bien asegurada en su base, y si en las uniones de los tubos de conduccion de vapor y escape se nota alguna avería.

La válvula del tubo de escape suele no obedecer al movimiento del volante de la varilla de maniobra, bien porque las dos hojas de la válvula hayan tomado holgura dentro de las varillas-ejes de giro, ó por desarreglos en los codos dentados ó articulaciones que componen el mecanismo de cierre.

En los cilindros, es preciso que la camisa se halle en buen estado, para evitar los enfriamientos y condensaciones consiguientes del vapor que en ellos obra.

Levantando la tapa delantera, se podrá juzgar tambien, por la inspeccion de la superficie interior, del estado en que se hallan; si hay rugosidades, y si se conserva la forma cilíndrica.

La presion que los aros del émbolo ejercen sobre la superficie del cilindro ha de ser ni escasa ni excesiva: si lo primero tiene lugar, el émbolo no incomunicará perfectamente, como es debido, las dos cámaras en que divide al cilindro: en el segundo caso, éste se desgasta y destruye; desarrollándose rozamientos enérgicos que se traducen despues por un exceso de consumo de carbon.

Se conoce que los aros del émbolo aprietan demasiado al cilindro, porque las superficies de contacto, en ámbos, se rayan. Cuando el metal de los aros es demasiado duro con respecto á la fundicion de hierro del cilindro, éste solo aparece rayado.

Importa, como hemos indicado ya, que los aros ajusten bien para que no haya escapes de vapor por ellos, ó porque no *pierdan*, como dicen los prácticos. No es fácil saber á primera vista si los émbolos pierden: es preciso, para convencerse de ello, que la caldera esté en presion, como explicarémos más adelante.

Tambien se podrá quitar la tapadera de la caja de distribucion para examinar si hay algun desarreglo en el distribuidor ó en su varilla y marco, y si la tabla de lumbreras se encuentra en buen estado.

La varilla del distribuidor suele alargarse, por resultado de los grandes esfuerzos de extension á que se halla sujeta cuando arrastra al distribuidor, que se halla sometido á presiones grandes, sobre las tablas de las lumbreras, producidas por el vapor. Si el alargamiento es sensible puede suceder que se disminuya, y aún anule, el avance á la admision: fácil es averiguarlo haciendo rodar la locomotora, con espeques ó palancas, hasta que el émbolo llegue á uno de los puntos muertos, y viendo si el distribuidor descubre entónces la lumbrera correspondiente.

Concluido este exámen, pasará en seguida al de los órganos de trasformacion de movimiento, viendo si los vástagos de émbolo y bielas motrices presentan algun principio de fractura, golpeando al efecto con un martillo para reconocerlos por el sonido. Los cojinetes de las bielas motrices, no han de tener holguras, porque éstas engendran choques en el movimiento: las llaves de sujecion y aprieto han de estar bien sujetas, los aceiteros limpios, y los canutos de las mechas sin obstruir.

En el aparato de distribucion ha de ver si las barras de excéntrica son rectas ó cruzadas (primera parte, número **143**), y por lo tanto, reconocer si el medio arco dentado anterior de contramarcha, corresponde á la marcha directa ó á la retrógrada. Recordarémos que la excéntrica directa precede al codo ó manubrio del eje motor en 90°, más el avance angular; y si se une á la parte superior del sector es prueba de que las barras son rectas. Tambien puede reconocerse llevando el codo al punto muerto posterior, y viendo entónces si las barras se cruzan ó no (primera parte).

El sector de Stephenson, el árbol de giro y las varillas de

suspension, toman con el uso holguras en las articulaciones. Sucede entónces que á los diversos puntos del arco dentado no corresponde ya la carrera de distribuidor, y por consiguiente, el grado de expansion, que debiera y hubo en un principio.

Es preciso que los dientes del arco de contramarcha no estén redondeados en sus ángulos por el uso, y que la falleba de la palanca mantenga á ésta en su sitio: de lo contrario, corre el maquinista el grave riesgo, en marcha, de que la falleba desengrane, por efecto de las trepidaciones, y la palanca gire y le hiera, al caer en el extremo del arco. Para evitar este peligro, los maquinistas meten una cuña de madera entre el mango de la falleba y el de la palanca.

En el bastidor, podrá verificar con un hilo tirante si los largueros están flexados, lo cual supone falta de paralelismo en los ejes, y mayor amplitud en los movimientos de lanzadera, en marcha.

Las traviesas y topes se han de hallar en buen estado: las escobas suelen torcerse cuando han ejercido accion violenta sobre algun obstáculo de la vía: examínese si el extremo inferior viene á resultar por encima de los carriles, y de no ser así es preciso remediar el mal.

Las llaves de los cojinetes de las bielas de acoplamiento deben estar bien aseguradas para que en marcha, por efecto de la fuerza centrífuga desarrollada, no se aflojen ni sean expulsadas: tampoco han de apretar demasiado, pues se corre el peligro de que las piezas enrojezcan por la energía de los rozamientos. Tambien es preciso comprobar si la longitud de las llaves, por la parte superior del cojinete, las hace chocar con la plataforma lateral, debajo de la cual se mueven.

Las ballestas de suspension del bastidor suelen aflojarse: es de todo punto indispensable templarlas con tino y prudencia, para no alterar en mucho la reparticion de peso so-

bre ejes, más conveniente; cuidando sobre todo de no aliviar demasiado de peso á las ruedas delanteras, porque se facilita así la probabilidad de descarrilar.

Si el aprieto de las cuñas en los cojinetes de las bielas de acoplamiento y el de las cajas de grasa en las placas de seguridad se hace de un modo desigual, es posible alterar el paralelismo de los ejes, creándose una de las causas productoras del movimiento de lanzadera. Es conveniente verificar el paralelismo, midiendo escrupulosamente la distancia de los ejes en sus extremos.

La holgura que, dentro de los cojinetes de las cajas de grasa, toman las manguetas de los ejes, en sentido de su longitud, es sumamente perjudicial á la seguridad y conservacion de la máquina. El movimiento de lanzadera arroja al bastidor y á las cajas de grasa con todo el peso que soportan, á derecha é izquierda, alternativamente; y los choques que se originan entre los rebordes ó pestañas de las manguetas y las caras de la caja de grasa, aumentan las holguras y dislocan todos los enlaces y el mecanismo. Estos perniciosos efectos se producen en mayor escala todavía, cuando tambien hay holguras en el mismo sentido, es decir, perpendicularmente á los largueros del bastidor, entre las pestañas de la caja de grasa y las guias de las placas de seguridad.

Tiene el maquinista interés en reconocer estas holguras, no porque pueda suprimirlas, pero sí porque, ya sobre aviso, evitará caminar á velocidades demasiado grandes.

Lo mismo decimos respecto al estado de las llantas de las ruedas; con el uso se desgastan desigualmente y pierden su conicidad: las variaciones de magnitud en los rádios de las circunferencias de rodadura se hacen más marcadas, aumentándose con esto una de las causas productoras del movimiento de lanzadera. La experiencia prueba, en efecto, que el citado movimiento es tanto más pronunciado cuanto

mayor es el desgaste de las llantas; y que disminuye cuando se les restituye el perfil normal, torneándolas en los talleres de reparacion.

Las llantas no han de ser delgadas, porque se corre el riesgo de que se aplasten y rompan. Ya hemos visto en la primera parte que se desechaban cuando llegaban á un espesor de $0^m,035$. No han de faltar los pernos ó tornillos de sujecion con el aro de la rueda.

Una de las causas más graves de accidentes es la fractura de un eje. Se reconocerán todos ellos minuciosamente con la vista y el martillo, para ver si se descubre algun principio de raja ó hendidura. Si existe y es de extension y profundidad alarmantes, debe desecharse la locomotora.

El estado de las ruedas y llantas tambien se comprueba con el martillo.

Finalmente: se pasará revista á todos los pasadores, chavetas y pernos, para que no falte ninguno, pues son los que sujetan á las piezas más importantes; y á los aceiteros, estoperas, varillas, botones, etc., etc.

Concluida la visita de la máquina se pasará al tender, examinando con igual escrupulosidad los enganches y cadenas de seguridad; rótulas y llaves de maniobra de los tubos conductores de agua; ejes, ruedas, llantas (*), cajas de grasa, etc.

Es de la mayor importancia que los frenos funcionen bien. En los tenders de seis ruedas, las almohadillas no se aplican igualmente bien á las llantas: preferible es entónces suprimir la de en medio, para que al ménos obren las extremas.

Por último: le toca examinar si el tender lleva los siguientes útiles:

(*) El espesor mínimo que se concede á las llantas del tender es de $0^m,030$. (Primera parte, número 186.)

Una barra de picar fuego.
Una lanza (corazon).
Una pala de escorias.
Un martillo.
Una barra de tapar tubos.
Una pala de combustible.
Un martillo de hierro para partirlo.
Un gato ó carraca de hierro, de doble movimiento.
Otro idem de madera de movimiento sencillo.
Un espeque de hierro.
Un macho de idem.
Un mazo de cobre.
Un martillo de mano.
Un sacatrapos.
Un gárfio de union.
Una cadena de dos anillos.
Una cadena de tres anillos.
Un bote de hojadelata para el aceite, de 15 á 20 kilógramos de cabida.
Dos aceiteras de pico largo.
Un juego de llaves de horquilla.
Dos llaves inglesas.
Dos botadores de llaves.
Dos idem de pasadores.
Dos destornilladores.
Unas tenazas.
Una barra de pié de cabra.
Otra idem de enganche con pasador.
Un punzon.
Dos cortafrios.
Un cubo de hierro para agua.
Otro idem de hojadelata para contener sebo.
Un jarro para fundir dicha materia.
Un farol delantero de disco y de luz roja.

Otro idem de luz verde.

Otro idem pequeño para alumbrar el nivel de agua y el manómetro.

Una linterna de mano.

Un colador en el tender para introducir el agua.

Dos tubos de union de máquina y tender.

Además de estos útiles se suele llevar como reserva una ó dos ballestas, tapones de tubo, de fundicion y de madera, cáñamo, cuerda embreada, mastic, trozos de tela de goma, y todos aquellos materiales que pueden servir para detener ó disminuir los escapes de agua y vapor que sean capaces de entorpecer el servicio.

Es conveniente tambien llevar dos trozos de tablon grueso que puedan servir de asiento á los gatos en la maniobra.

No ha de dar punto á su tarea con esto; pues una parte del exámen minucioso que estamos describiendo sólo puede hacerse en debida forma cuando la caldera está en presion.

Encenderá, pues, el hornillo y cuando el manómetro acuse la tension (en el vapor) conveniente para la marcha de la máquina, la paseará por vías en que no haya peligro de colision ni accidente alguno.

Entónces podrá juzgar de la naturaleza é importancia de los escapes: si fuesen muy abundantes, la máquina necesita reparacion; si no lo son, podrá hacerse uso de ella, aunque con un exceso de consumo de carbon y agua correspondientes al vapor perdido.

Cuando á la tension máxima marcada por el manómetro hay escapes de vapor por las válvulas, es prueba de que los platillos no obturan bien ó de que los resortes de las palancas han perdido parte de su elasticidad.

Para asegurarse de que el manómetro funciona á la perfeccion, se comparan sus indicaciones con la de otro, que sirve de patron, colocado al efecto en la parte superior del nivel de agua (primera parte, número **78**).

Para verificar el estado del tubo indicador del nivel de agua no basta, supuestas abiertas las llaves de agua y vapor, abrir la llave inferior de prueba. En efecto: solamente en el caso de estar obstruidas las dos primeras dejaria de salir por la última el chorro de agua ó vapor; pero si una de las dos lo está, habrá chorro, y podrá creerse, erróneamente, que las indicaciones del tubo son verdaderas.

Ahora bien: es de la mayor importancia tener noticia exacta del nivel de agua en la caldera, para alimentar á tiempo y no dejar quemar el techo del hogar. Y como de estar obstruido alguno de los dos conductos extremos el nivel acusado por el tubo no es el verdadero (*), hay precision de examinar detenidamente cada uno de ellos. Para conseguirlo se abrirá la llave de prueba y cada una de las dos extremas del tubo, separadamente, manteniendo cerrada la otra. Si el chorro es débil, ó no lo hay, es prueba de que el conducto cuya llave se abrió, está obstruido, accidente que suele ocurrir con alguna frecuencia, especialmente en el que corresponde al agua, por causa de las incrustaciones.

De todos modos, se comparan las indicaciones del tubo de nivel con las de los grifos verificadores; y como no es fácil distinguir en éstos si se dá salida al agua ó al vapor, se proyecta el chorro sobre una tabla para conocerlo.

Se comprobará tambien el estado de los tubos calentadores, del ventilador y de los grifos de purga de los cilindros y cajas de distribucion.

Para conocer si la corredera del regulador tapa bien á las lumbreras respectivas, y si el tubo de toma se halla en buen estado, se cierra el regulador, se lleva la palanca de cambio

(*) Si es el conducto de vapor el obstruido, el agua subirá en el tubo á mayor altura que la de la caldera: si la obstruccion reside en el conducto de agua, su nivel, en el indicador, será, por el contrario, más bajo que el verdadero.

de marcha á uno de los puntos extremos y se abren los grifos purgadores: si hay escape por ellos es prueba de que la corredera ó el tubo pierden vapor: y si las pérdidas son abundantes, la máquina necesita entrar en talleres para su reparacion.

Los grifos de purga dan medio tambien de conocer si los distribuidores se aplican perfectamente sobre las tablas de lumbrera de los cilindros. Póngase la palanca de contramarcha en el punto muerto, y ábrase el regulador y los grifos purgadores: si sale vapor por ellos, los distribuidores correspondientes *pierden*.

Para convencerse de que los aros del émbolo oprimen suficientemente al cilindro, incomunicando los dos espacios variables en que lo divide, levántese la tapa anterior y hágase entrar una pequeña cantidad de vapor por la lumbrera posterior. Si no pasa á la parte abierta más que un vapor muy ténue, llamado *vapor muerto*, puede proclamarse el buen estado de servicio de los aros, pues la incomunicacion perfecta no se verifica casi nunca. En el caso de que los escapes sean abundantes el émbolo pierde vapor.

Tambien puede hacerse este reconocimiento sin quitar la tapadera del cilindro, abriendo los grifos de purga.

Si los aros del émbolo oprimen demasiado ó desigualmente al cilindro, se oye un chirrido particular, muy perceptible cuando se marcha.

El estado de los aparatos de alimentacion se verificará conforme á lo explicado en la primera parte.

En estos ensayos podrá reconocer que las ballestas están flojas: primero, por el movimiento de la máquina; y segundo, porque las bielas de acoplamiento chocan con la plataforma lateral.

Tambien conocerá en la marcha de la locomotora, por la amplitud de los movimientos anormales, la importancia de las holguras en los cojinetes de los ejes, cajas de grasa, etc.

79. Visita de una máquina antes de ponerse á la cabeza de un tren, al principio de cada viaje.— Cuando la locomotora es conocida, el maquinista sabe ya el estado de todas las partes del generador, mecanismo y vehículo; pero no debe dispensarse por esto de reconocer ántes de cada viaje las piezas más principales.

Entre los órganos cuya solidez y ausencia de todo principio de fractura hay que probar, se cuentan en primer lugar los ejes, llantas, vástagos del émbolo y varillas del distribuidor, bielas motrices y de acoplamiento, y codos ó manivelas del eje motor.

Para efectuar el reconocimiento con perfeccion ha de limpiar preliminarmente los piezas, quitándoles la capa de polvo, carbon y grasa que las cubre. La negligencia en este trabajo hace que no se descubran las pequeñas grietas, indicios primeros de fractura, y que tengan lugar accidentes desagradables en marcha.

Tambien se han de visitar las estoperas y aceiteros; y especialmente, en éstos, los de las bielas, excéntricas, paralelas y manguetas de ejes. En las estoperas ha de evitarse que la presion que efectúan las prensas sea tan débil que dé lugar á escapes de vapor, ni tan fuerte que haya peligro de que las varillas se rayen ó rompan. Se renovarán las trenzas, si es preciso, y las mechas de los aceiteros.

80. Visita en las estaciones intermedias ó en marcha, despues de un accidente.— En las estaciones, si el tiempo lo permite, la visita queda limitada á las cajas de grasa, al efectuar el engrasado, y de paso se examinan rápidamente las llantas y ruedas.

Si en marcha ocurre algun accidente, se reconocerán con toda detencion las partes que hayan sufrido algun deterioro, tomando para su remedio las disposiciones que se enumeran en el capítulo VII.

CAPÍTULO V.

PRODUCCION DEL AGENTE MOTOR.

81. Se ha dicho ya (capítulo III), que el esfuerzo de traccion, en una máquina, depende de la presion del vapor en los émbolos durante una carrera de éstos, es decir, de la tension del vapor en la caldera y de la duracion de los períodos de admision y expansion. Se añadió, que para una marcha regular y económica, el período de admision debia ser breve; y que de trabajar con la palanca de contramarcha en el último punto del arco, probablemente el consumo de vapor sería superior á la produccion, y además la contrapre-

sion ejercida en los émbolos por el vapor de escape, absorberia una gran parte de la fuerza motriz. Tambien se ha hecho ver en la primera parte que para obtener una vaporizacion regular, con escasa cantidad de agua arrastrada, y grande potencia con reducido volúmen, preciso era aceptar tensiones elevadas en la caldera, por cuya razon los constructores aumentan cada vez más el timbre, aprovechando la mayor resistencia de los nuevos metales empleados en la construccion.

Dedúcese una vez más de este resúmen, que la locomotora es una máquina cuyas condiciones normales de trabajo son: *presion elevada* y *grande expansion*. Ahora bien: el esfuerzo de traccion que una máquina ha de desarrollar es variable, por serlo el peso del tren remolcado y las incidencias de la vía, que presentará en unas partes secciones de rampas muy fuertes ó curvas de reducido rádio, miéntras que en otras las rasantes son de nivel ó en pendiente; luego uno ó los dos elementos del esfuerzo tractor, tension del vapor y duracion del período de admision, deben variar: y como no es prudente abusar del segundo de ellos, por las razones expuestas al principio de este capítulo, será preciso hacer mayor el primero, es decir, la tension, cuando el peso remolcado ó las circunstancias de la vía lo exijan, manteniéndola en todos casos suficientemente elevada para la buena marcha de la locomotora, con arreglo á los principios ántes enunciados. Esto, sin perjuicio de aumentar la duracion del período de admision, cuando la magnitud del trabajo que hay que desarrollar lo reclame.

Sabido es (primera parte, números **5** y **6**), que hay una relacion inmediata entre la tension del vapor saturado, su temperatura (igual á la del agua en contacto) y su densidad. La tension es una consecuencia de la densidad, es decir, de la acumulacion de vapor en un espacio dado, y depende, por lo tanto, de la produccion, es decir, de la temperatura

aplicada; y como la primera materia para producir vapor es el agua, dedúcese en definitiva que para obtener el agente motor *vapor*, ha de cuidar con preferente atencion el maquinista de la *vaporizacion* y de la *alimentacion*.

Tratarémos cada una de estas dos partes en artículo separado.

ARTÍCULO PRIMERO.

VAPORIZACION.

82. Antes de pasar más adelante, es conveniente recordar los principales fenómenos que ocurren con el vapor saturado, cuyos principios se enunciaron en la primera parte, número **8**.

1.° Si la temperatura del hogar disminuye, disminuye la del agua y la del vapor; condénsase éste en parte, y la tension baja en consecuencia.

2.° Si la temperatura del agua disminuye directamente, por la alimentacion, por ejemplo, se verifican los mismos fenómenos.

3.° Si se dá salida al vapor formado, se disminuye la densidad y tension del que queda en la caldera; y suponiendo una aplicacion de calor constante en el hogar, roto el equilibrio entre la presion que sufre el nivel de agua y la tendencia de las burbujas de vapor á desprenderse de ella, habrá produccion de nuevas cantidades que sustituirán á las primitivas.

Siempre que la produccion equivalga al consumo, se conservará el vapor á la misma tension: si la primera es mayor que el segundo, la tension se elevará, y si es menor, disminuirá. Por último: si no hay consumo de vapor y la temperatura es aplicada constantemente, aumentará la del agua y vapor, y la tension de éste.

En estos tres fenómenos está condensado cuanto se refiere á la vaporizacion en las calderas de las locomotoras.

Del primero se deduce que la alimentacion del combustible en el hogar ha de efectuarse á pequeñas cantidades; pues de hacerse en grande escala, la temperatura bajará, parte por el calor que absorbe el carbon fresco, y parte porque la capa de éste que se extiende sobre las brasas del ya encendido, elimina su radiacion sobre las paredes y techo. Esto quiere decirnos que es imposible elevar repentinamente la tension del vapor en la caldera; pues si se aumenta notablemente y de una vez la carga de combustible, al principio sólo se obtendrá un descenso de presion, debido al enfriamiento del hogar.

El crecimiento de vaporizacion para hacer mayor la tension en la caldera debe, pues, obtenerse paulatinamente, aumentando la cantidad de carbon en las cargas parciales, y activando la combustion, si es preciso, por todos los medios que estén al alcance del maquinista. Exigiendo, pues, el incremento de tension, un tiempo preparatorio, salta á la vista la necesidad del perfecto conocimiento de la vía, para preparar el fuego con la anticipacion debida, 2, 4, ó más kilómetros de la rampa ó curva cuyo tránsito reclama un esfuerzo de traccion mayor.

A iguales consecuencias conduce la segunda base de las tres enunciadas anteriormente. Con la vaporizacion crece el gasto de agua: el crecimiento de tension trae consigo, pues, la necesidad de alimentar la caldera más abundantemente, y la alimentacion es un motivo del descenso de tension, por enfriamiento. Luego, áun en el supuesto de poder obtener repentinamente un aumento grande de temperatura en el hogar, orígen de una activa vaporizacion, el agua de alimentacion, necesaria en abundancia, la disminuiria. Inútil es decir lo embarazoso del caso, cuando se quiere aumentar rápidamente la temperatura del fogon, estando la caldera con muy poca agua por encima del techo del hogar: la ali-

mentacion abundante de carbon y agua es una doble causa de enfriamiento y descenso de presion consiguiente; y si la máquina llega al pié de una rampa, ú otro incidente de la vía que exija aumento de esfuerzo tractor, en tan desventajosas condiciones, es seguro que no podrá salvar el obstáculo hasta que el carbon fresco se encienda y el agua de alimentacion eleve su temperatura, produciéndose el crecimiento de tension deseado.

La base tercera viene en apoyo de cuanto queda anotado, y dicta reglas para el régimen de la vaporizacion: si el consumo y produccion del vapor se equilibran, es preciso una vigilancia muy asídua del fuego para que la vaporizacion no decaiga; si, por el contrario, el consumo es relativamente pequeño, es innecesario, y áun perjudicial y contrario á la economía de combustible, mantener la vaporizacion con igual grado de actividad, á no ser que se haya de hacer un uso inmediato del exceso de vapor formado; pues de lo contrario, sería completamente perdido, y con él el combustible y agua empleados; porque teniendo un límite la tension máxima que la caldera puede soportar, sería preciso dar salida á la atmósfera al exceso de vapor. Finalmente: si el consumo es nulo durante algun tiempo, la vaporizacion ha de ser insignificante.

Reasumiendo: la vaporizacion ha de moderarse ó activarse, acomodándola á las circunstancias; pero teniendo siempre presente que el paso de una tension á otra no puede ni debe ser brusco, sino suave, y que, por lo tanto, es necesario preparar la caldera con la debida anticipacion.

Las alteraciones de la tension se hacen más sensibles en las calderas de pequeño volúmen que en las de volúmen grande; porque dando salida en ambas á igual cantidad de vopor, por el tubo de toma, se disminuye en las primeras más que en las segundas la densidad del que queda.

Esta particularidad se dá á conocer en el tubo indicador

y en el manómetro: en el primero, se eleva el nivel del agua cuando la tension disminuye rápidamente por cualquiera de las causas ya dichas; y el manómetro acusa ménos atmósferas. Por el contrario: si aumenta la tension ó se restablece rápidamente la primitiva (cerrando el regulador, por ejemplo), baja el nivel y sube el manómetro. Como en las calderas grandes las irregularidades de la tension son menores, puede decirse que se mantiene ésta constante, si no se descuida el fuego.

83. Modo de activar ó moderar la vaporizacion.—La conduccion del fuego, aunque del dominio del fogonero, se efectúa bajo la direccion del maquinista, el cual gradúa por las indicaciones del manómetro la vaporizacion del momento y la necesaria para más adelante.

Los medios de que el maquinista dispondrá para moderar la vaporizacion, pueden comprenderse en dos distintos grupos; figurando en el primero los que son capaces de disminuir la actividad de la combustion, y en el segundo los que sirven para destruir, condensar ó hacer desaparecer el exceso de vapor formado.

Fácil es comprender la ventaja de apelar á los primeros, pues que los segundos suponen un gasto inútil, el del agua y combustible empleados en la formacion del vapor sobrante; pero son de aplicacion ineludible cuando se tema rebasar la tension límite á que se timbró la caldera.

Se modera la actividad de la combustion disminuyendo la cantidad de aire admitida en el hogar, valiéndose al efecto de los registros del cenicero, si es cerrado, ó del capuchon de la chimenea; y en caso de no existir capuchon ni registros, no queda otro remedio que arrojar á la vía parte del combustible por medio de la rejilla móvil, empujando hácia ella, al efecto, antes de abrirla, la brasa que se desecha; ó con la pala de escoria, sacándola por la portezuela del hogar. Tambien se modera la vaporizacion abriendo el regis-

tro de la caja de humo, para que penetrando el aire exterior se disminuya el tiro.

Se disminuye la tension del vapor formado:

1.° Abriendo las llaves de limpieza del cajon exterior de fuego, con lo que al mismo tiempo se consigue mantener limpios los fondos de la caldera. Inútil es advertir que este medio sólo es aceptable cuando el techo del hogar está bien cubierto de agua, segun indique el tubo de nivel: ha de tener una altura de agua de un decímetro, para evitar el peligro de que se quede al descubierto y se queme el metal.

2.° Haciendo pasar vapor al tender por los tubos calentadores. El vapor no es así perdido, porque se emplea en elevar la temperatura del agua de alimentacion, y así el enfriamiento consiguiente, al introducirse en la caldera despues, es menor. Téngase presente que la temperatura del agua de alimentacion no ha de exceder de 40° á 50°, para que los Giffards rijan.

3.° Levantando una válvula de seguridad, por medio de la palanca correspondiente, ó aflojando el resorte.

4.° Gastando mucho vapor, aumentando la duracion del período de admision, poniendo en el último punto la palanca de contramarcha. Al principio, la actividad de la combustion crece, pues aumenta el tiro, porque la tension del vapor de escape es más considerable que de ordinario; la tension del vapor de la caldera crecerá en los primeros momentos, pero disminuirá al cabo de un corto tiempo, porque el consumo es superior á la produccion.

La energía de la vaporizacion, si la máquina está en buen estado de servicio, depende de la energía de la combustion: para que la vaporizacion sea activa hay que activar la combustion; y esto se consigue aumentando el tiro, por medio del ventilador y de la válvula del tubo de escape.

Se emplea el ventilador: primero, antes de llegar á las estaciones, cuando se ha cerrado el regulador y la máquina

continúa su movimiento por la velocidad adquirida; segundo, en las pendientes, cuando el tren desciende por la sola accion de la gravedad; y tercero, en las estaciones. En todos estos casos el chorro de vapor que inyecta en la chimenea el ventilador, sustituye, aunque imperfectamente, al de escape, para activar la combustion.

En las estaciones se hace uso muchas veces del ventilador, más bien como aparato fumívoro que como activador de la combustion.

Tal sucede cuando se emplean carbones muy inflamables, que exigen poco tiro, pero muy humosos. El uso del ventilador como aparato de fumivoridad, se hace más necesario á las máquinas de mercancías, cuyas paradas son generalmente de larga duracion.

No es preceptivo el empleo del ventilador: si los carbones son buenos y el generador y hogar se hallan en buen estado, es posible que no sea necesario activar la combustion, porque aún con vaporizacion poco enérgica la tension sube, pues que no se consume vapor.

La válvula del tubo de escape puede utilizarse en marcha, para aumentar la vaporizacion. Disminuyendo la abertura de salida del tubo de escape, el vapor que procede de los cilindros tiende á escaparse á la chimenea con mayor velocidad; aumenta de este modo el tiro, y con él la actividad de la combustion, que es la que engendra la de la vaporizacion.

A pesar de estas ventajas, es peligroso abusar de la válvula del tubo de escape: las contrapresiones en los émbolos aumentan enérgicamente, como que se dificulta la salida del vapor. Si el carbon está en menudos, casi polvo (y así lo dan en gran cantidad á los maquinistas), una gran parte, al ser echado en el hogar, es arrastrado, sin arder, por la violencia de la corriente de aire, y sale por la chimenea sin haber sido empleado.

Estas partículas de carbon, y tambien los trozos pequeños de brasa que tan violentamente circulan por la tubería y caja de humo, destruyen los metales, por los rozamientos fuertísimos que producen en ellos; y la gran cantidad de aire y gases procedentes de la combustion, al penetrar con empuje en la caja de humos, pueden llegar á conmover la placa tubular, haciéndola vibrar, y debilitar las uniones de los tubos, produciéndose despues derrames.

Por estas razones, repetimos que ha de hacerse un uso moderado de la válvula de escape: su empleo sólo se admite accidentalmente y en muy determinadas ocasiones: cuando se tenga que aumentar rápidamente la tension del vapor, por haber sido sorprendido el maquinista por un descenso de presion, ó por otra causa cualquiera; ó cuando la vaporizacion está contrariada por derrames de los tubos en el hogar ó con vientos contrarios que dificulten la salida de los gases por la chimenea, etc., etc.

84. Casos en que será necesario moderar la vaporizacion.—En las estaciones, cuando la máquina está parada, si se continúa recargando de combustible el hogar, aunque el tiro es casi nulo, la tension del vapor crece rápidamente, sobre todo, si se ha abierto el ventilador para que funcione como aparato fumívoro.

Este crecimiento rápido de presion es peligroso, porque las válvulas de seguridad, cuando la máquina está parada, suelen dormirse y no obedecen á la presion máxima para la que se les graduó. En marcha, las válvulas de seguridad obedecen bien, sin duda porque las vibraciones y choques les impiden adherirse á sus asientos. Mr. Couche dice haber presenciado frecuentes casos en que, estando parada la máquina, las válvulas se han levantado á 9 atmósferas ó 9 y media, habiendo sido arregladas para funcionar á 8 atmósferas.

A continuacion citamos una de sus experiencias, sobre

la marcha progresiva de la presion, en una máquina con válvulas graduadas á 7 atmósferas. Conducida la máquina á la cochera, se guarneció de combustible el hogar, y la chimenea no se cubrió con el capuchon, para colocarse en las condiciones de una máquina que remolca tren de mercancías, y no debe descuidar el fuego para estar pronta á marchar á la primera señal.

A la 1 la presion era = 7 atmósferas.

1 y 5'. . . . . = 7,9.
1 y 10'.. . . . . = 9.
1 y 12'.. . . . . = continuando el aumento de presion, se aflojaron los resortes de las válvulas para dar salida al vapor.
1 y 15'.. . . . . = 8,6.
1 y 20'.. . . . . = 7,5: se apretaron los muelles, regulando las válvulas á 7 atmósferas.
1 y 25'.. . . . . = 7,4.
1 y 30'.. . . . . = 7,7.
1 y 35'.. . . . . = 7,8. Estando la parrilla del hogar, casi sin carbon, se añadieron algunas paladas.
1 y 40'.. . . . . = 8,1.
1 y 45'.. . . . . = 9.

Esta experiencia es bien convincente: el combustible empleado era hulla de Saarbrücke, de fácil inflamacion.

Empleando cok procedente de esta clase de hulla, subió la presion (regulando siempre las válvulas á 7 atmósferas) de 5,5 atmósferas á 8,6 en 45 minutos: el efecto fué, pues, el mismo, aunque más lento, por tratarse de combustible ménos inflamable, que exige, por lo tanto, tiro más enérgico.

El aumento de presion en estacion, es, pues, un inciden-

te que hay que vigilar y evitar, porque puede dar lugar á una explosion de la caldera.

Ahora bien: si la máquina ha de detenerse breves momentos en la estacion, ó si, áun siendo la parada de mucha duracion, no se sabe cuándo ha de partir, el maquinista no puede descuidar el fuego ni amortiguarlo por medio del registro del cenicero ó del capuchon de la chimenea: por el contrario, ha de tenerlo en combustion activa, cargando carbon fresco con frecuencia, para estar dispuesto á emprender la marcha á la primera señal ú órden que reciba. No le queda entónces más recurso para precaverse contra los excesivos crecimientos de tension, tanto más prontos cuanto mayor sea la inflamabilidad de la hulla, que procurar salida al exceso de vapor. Ejercerá una constante vigilancia sobre el manómetro: si viese aumentar la tension más allá del límite á que está timbrada la caldera, y á que las válvulas se arreglaron, sin que éstas funcionen, las ayudará. Para que las válvulas que están dormidas obren, basta la vibracion producida por un débil choque; por ejemplo, el de un martillazo en la caldera; pero si no fuera suficiente, levantará las palancas aflojando las tuercas superiores, para disminuir la tension de los resortes en una ó dos atmósferas, segun los casos. Puede tambien, como en otro lugar se indicó, aprovechar el exceso de vapor para limpiar los fondos de la caldera ó calentar el agua del tender.

En la línea férrea del Este francés, se lée en el *Reglamento de instrucciones á los maquinistas.*

«ART. 41. Si la parada en estacion dura más de una hora, ó si la máquina está de reserva, deben aflojarse en dos atmósferas los resortes de las válvulas.

»Se castigará severamente á los maquinistas y fogoneros á quienes se pruebe no haber ejecutado puntualmente esta prescripcion.»

Cuando el maquinista tenga conocimiento de que la pa-

rada ha de ser de alguna duracion, debe moderar la vaporizacion, durmiendo el fuego, por medio del registro del cenicero ó del capuchon de la chimenea; y si no hay uno ni otro, cargando muy de tarde en tarde el hogar de combustible.

Al mismo tiempo deberá aflojar los resortes á 5 atmósferas, siempre que la parada sea de tal duracion que le permita despues recobrar la tension normal de marcha. En todos casos no deben abandonar á la vez la máquina el fogonero y maquinista, para que haya en ella, miéntras el hogar esté encendido, quien vigile y prevenga los accidentes que resultar pueden de una elevacion excesiva de tension.

85. Casos en que será necesario activar la vaporizacion.—Siempre que la máquina tenga que desarrollar una grande cantidad de trabajo, y la tension del vapor en la caldera sea inferior á lo que exige el factor *esfuerzo de traccion*, hay necesidad de activar la vaporizacion.

Tal sucederá, por ejemplo, cuando se está cerca de una rampa ó curva, ó rampa en curva pronunciada, y no se tiene preparada la caldera con la debida anticipacion: entónces es preciso activar la vaporizacion á todo trance.

86. Agua arrastrada en la vaporizacion.—La vaporizacion es imperfecta cuando el vapor que sale del generador por el tubo de toma arrastra gran cantidad de agua, porque se pierde las calorías que han sido empleadas en elevar su temperatura. Además: el agua ocupa un cierto espacio; un vòlúmen de vapor húmedo tendrá, pues, ménos tension que otro igual de vapor seco; y, por lo tanto, el trabajo del primero, en los émbolos, será inferior al que desarrolle el segundo.

El arrastre, puramente mecánico, del agua por el vapor, se debe á una de las siguientes causas:

1.ª La entrada del tubo de toma está muy próxima al nivel del agua, por ser pequeña la caldera, ó por estar muy llena.

El mismo efecto se produce cuando el tubo de toma recibe vapor por alguna grieta próxima al nivel del líquido.

2.ª Vaporizacion muy tumultuosa: proyéctanse cerca del tubo de toma numerosas gotas, que son arrastradas por la corriente de vapor.

Verifícase este fenómeno con más violencia encima del techo del hogar (por cuya razon se ha proscrito la colocacion en este punto de la cúpula y regulador) y más allá tambien, cuando el agua que se inyectó es súcia ó grasienta: sufre entónces una tumefaccion, el nivel se eleva, y se proyecta una parte de líquido sobre las paredes y techo de la caldera.

La vaporizacion es tanto más tumultuosa, á igualdad de las demás circunstancias, cuanto menor sea la relacion del volúmen de la cámara de vapor al del agua; por que las variaciones de presion sobre el nivel son más sensibles.

El agua arrastrada por el vapor sale por la chimenea, y entónces se dice que la máquina *escupe:* tambien puede escupir la chimenea el agua que contienen los cilindros, procedente de la condensacion del vapor por el enfriamiento que producen sus paredes, y que es arrastrada por el de escape. Para convencerse de que el agua perdida procede de la caldera, basta expulsar frecuentemente la de condensacion por los grifos purgadores.

87. Vaporizacion imperfecta.—La vaporizacion será imperfecta cuando lo sea la combustion, ó cuando siendo perfecta no se aproveche debidamente.

El conocimiento de la combustion imperfecta, sus causas y modo de remediarlas en lo posible, quedan ya explicadas en el capítulo II. Así, pues, suponemos aquí que el maquinista ejecuta cuanto reclama la bondad de la combustion, y solamente nos ocuparémos de las causas que influyen perniciosamente en la vaporizacion.

Para que la tension no corresponda á la energía de la combustion, es preciso, ó que la temperatura del agua sea inferior á la que le es aplicada, ó que haya un excesivo gasto de vapor.

La primera causa puede provenir de la existencia de incrustaciones en la caldera; de que el metal de ésta sea muy grueso, ó de que las sustancias que tiene el agua en disolucion retarden el punto de ebullicion. La abundancia de incrustaciones, por desgracia muy frecuente, se conoce por el tubo de cristal del indicador de nivel, dentro del cual se agitan partículas salinas que dan al agua un color blanquecino.

La segunda causa puede resultar:

1.° De que el aire ambiente enfrie el vapor, y lo condense en parte, por hallarse en mal estado la camisa de la caldera.

2.° De escapes de vapor por las uniones, válvulas de seguridad (cuando los resortes estén flojos ó no cierren bien los platillos), corredera del regulador averiada ó tubo de toma grieteado.

3.° De las malas proporciones de la caldera. Si la superficie de calefaccion no es proporcionada á la vaporizacion que el consumo exige, claro es que la tension nunca podrá subir.

ARTÍCULO SEGUNDO.

ALIMENTACION.

88. Necesidad de la alimentacion.—El objeto de la alimentacion es reemplazar el agua de la caldera por otra que produzca á su vez nuevas cantidades de vapor: su necesidad se deduce de su objeto, atendiendo á la insuficiencia de volúmen de la caldera para contener, en una sola aguada, el

líquido correspondiente á la vaporizacion que la traccion exige, áun para los trayectos más cortos.

Y si se diese por cumplida esta condicion, no sería por esto ménos precisa la alimentacion. Recordemos, en efecto, la imperiosa necesidad de que las paredes interiores del hogar y tubería se hallen constantemente bañadas por el agua; reclamándolo la economía y la seguridad: la economía, porque los metales, expuestos á la accion de una temperatura tan elevada como la que reina en el fogon, se abollan, grietean y destruyen, cuando no están en inmediato contacto con un líquido á quien puedan comunicar el calor absorbido, y esta destruccion es continuada por la presion del vapor, que los encuentra faltos de tenacidad; y la seguridad, porque si estando enrojecida una chapa metálica, se halla por cualquier motivo de repente en contacto con el agua, prodúcese instantáneamente tal cantidad de vapor, que es posible sean insuficientes las válvulas para darle salida, en cuyo caso la tension interior, en progresion creciente, puede rebasar el límite de resistencia del generador, y producir su explosion.

89. Principios generales para efectuar la alimentacion.—Cuando la caldera está fria, antes de encender el fuego en el hogar, se llena de agua, en los depósitos, valiéndose de las mismas mangas que la han introducido para efectuar la limpieza: si hay que llenar la caldera en un punto cualquiera de la vía, se echa el agua á cubos por una de las válvulas de seguridad, levantada al efecto, empleando un colador para detener los cuerpos extraños que pudiera contener. Si la máquina tiene bomba, y hay otra con el hogar encendido y con presion suficiente en la caldera, puede hacerse la alimentacion de la primera remolcándola con la segunda.

Pero en cuanto sigue vamos á suponer que la máquina en que se opera la alimentacion tiene encendido el fogon, y

la caldera con la presion necesaria para hacer funcionar los inyectadores, ya sean bombas ó aparatos Giffard.

En el número anterior se ha recordado la importancia de que todas las superficies de calefaccion estén interiormente bañadas por el agua: es reglamentaria la exigencia de que cubra el líquido, en una altura de $0^m,1$ cuando ménos, el techo del hogar, como parte más elevada de las paredes sometidas á la radiacion y contacto de las brasas, llamas, gases y aire caliente, productos de la combustion. Esta exigencia fija un límite inferior á la altura de agua: el superior es dado por la condicion de no restringir demasiado el espacio destinado á cámara de vapor, para evitar el que éste arrastre agua en gran cantidad, al salir por el tubo de toma, por los inconvenientes anejos á la vaporizacion en tales condiciones, ya señalados en otro lugar.

Sin vacilar, puede asegurarse que de los dos límites, preferible es aceptar el segundo; pero sin incurrir en exageraciones, en todas ocasiones criticables, ventajoso le es al maquinista mantener elevado el nivel de agua en la caldera. Los descensos de tension, consecuencia inevitable de la alimentacion y carga del fuego, son ménos sensibles cuando la masa de agua es grande. Para un momento de apuro, ó de dificultad en la marcha, es el agua de la caldera una reserva de potencia motriz en manos de un maquinista. Por último: con un nivel de agua bajo, el maquinista se verá comprometido, al menor accidente, á quemar la caldera ó á arrojar el fuego; y estos accidentes se presentan con frecuencia: un escape de agua, ya por rotura de tubo ó de alguna plancha del generador, un desarreglo ó avería en los aparatos de alimentacion, hacen bien pronto bajar el nivel.

Cuando se abre el regulador de una máquina, dando salida, como es natural, al vapor, disminuye la tension que ejerce sobre el líquido. En el agua se nota un aumento de ebullicion, sufre una especie de hinchamiento y eleva su ni-

vel en la caldera, y, por lo tanto, en el tubo. En estos casos, el maquinista no debe contar con todo el nivel de agua que acusa el indicador, porque cuando el regulador se cierre, se restablecerá el anterior estado; es decir, que no gastándose vapor aumentará la presion del que hay en la caldera, y el nivel de agua bajará, porque desaparece el hinchamiento y la ebullicion es ménos fuerte.

La elevacion de nivel del tubo indicador, es decir, la apreciacion errónea que dá, puede llegar á ser de 8 á 10 centímetros, en los casos desfavorables de caldera de cuerpo cilíndrico de pequeño rádio: de modo que si el maquinista, en marcha con regulador abierto, no tiene en cuenta esta circunstancia y deja de alimentar, puede verse expuesto á descubrir el cielo del hogar cuando cierre el regulador.

Hemos dicho que la elevacion de nivel, es decir, la causa de error, era más sensible en las máquinas de pequeño cuerpo cilíndrico; ó mejor expresado, en las que, á igualdad de las demás condiciones, tienen menor cámara de vapor: la razon es sencilla.

Si la cámara de vapor es pequeña, á igualdad de gasto se hará más sensible la disminucion de presion en el líquido, y la elevacion de nivel será mayor tambien.

Ha de tenerse, pues, en cuenta esta circunstancia, para que, en vista de las dimensiones relativas de la cámara de vapor, pueda apreciarse la magnitud del error en las indicaciones del tubo.

En las máquinas antiguas, que tenian la cúpula directamente encima del hogar, disposicion defectuosa por más de un concepto, como hemos tenido ocasion de observar en la primera parte, la elevacion del nivel, al abrir el regulador, es mucho más notable hácia el hogar, de donde inmediatamente sale el vapor por el tubo de toma: así es que, si á esta circunstancia se reune la de tener pequeño el cuerpo cilíndrico, la elevacion de nivel en el tubo puede ser hasta de 10

centímetros. En cambio, cuando la cúpula, ó mejor dicho, la entrada del tubo de toma de vapor está situada en la parte anterior en la caldera, sucede lo contrario: elévase el nivel del agua hácia la extremidad anterior de los tubos, y baja en el hogar (y por lo tanto en el tubo indicador), cuando el regulador se abre; y sube en este sitio cuando se cierra.

Tambien son más sensibles los cambios de nivel cuando el agua de la caldera está súcia, por no haberse limpiado aquella en mucho tiempo, ó cuando se han echado productos químicos para destruir las incrustaciones; ó, finalmente, cuando han caido gotas de aceite ó materia grasa: entónces el agua sufre ebulliciones mucho más tumultuosas; así es que, cuando se abre el regulador, se eleva mucho su nivel.

Se eleva tambien el nivel en las rampas, porque toda el agua se acumula en la parte posterior; y desciende en las pendientes, porque se agolpa delante: en las rasantes horizontales se restablece el nivel. En rampa de 12 milímetros, y suponiendo de 5 metros la longitud de caldera, el nivel se eleva de 5 á 6 centímetros.

Cuando á contar desde el momento de partida la velocidad de marcha aumenta, la masa líquida del interior de la caldera, en virtud de su inercia, se agolpa á la parte posterior, y el nivel sube en el tubo: inversamente; baja el nivel cuando la velocidad se disminuye, pues por la misma causa (inercia de la materia) el agua se acumula en la parte anterior.

En resúmen: las causas de que el tubo indicador señale mayor altura de agua que la verdadera, son:

Apertura del regulador.

Circulacion por rampas.

Aceleramiento de velocidad.

En tales casos, debe contar el maquinista con ménos agua de la que aparece, y alimentar, en consecuencia, para

que no quede desguarnecido el techo y tubos al restablecerse el nivel, al cerrar el regulador, ó llegar á rasante horizontal, ó al uniformar la velocidad de marcha.

Las causas de que el nivel de agua aparezca más bajo en el tubo indicador son:

Circulacion por pendientes.

Disminucion de velocidad.

El maquinista deberá, en consecuencia, llevar con antelacion suficiente cantidad de agua, para que por las causas anteriores no quede tambien el techo del hogar, ó la última parte posterior de tubos, sin bañar por el líquido.

Es conveniente que el agua de alimentacion no sea muy fria, porque haria bajar demasiado la tension del vapor en la caldera: por esta razon, siempre que haya exceso de vapor se hará pasar al tender, para calentar el agua, por medio de las llaves y tubos correspondientes; precaucion muy útil tambien en el invierno, para evitar la congelacion en las rótulas y tubos de conduccion.

Cuéntese, sin embargo, con que el límite superior de temperatura del agua, para que los Giffards funcionen, es de 40 á 50 grados, y que en las bombas, el exceso de temperatura puede producir en alguna abundancia vapor que, almacenado en el cuerpo de bomba, impida el juego de la válvula de aspiracion.

Durante el reposo de la máquina, la alimentacion es ménos necesaria que en marcha; porque como no hay consumo de vapor, la vaporizacion y gasto de agua son relativamente menores. Si el fuego está dormido, la alimentacion es casi supérflua, y sólo debe considerarse como correctivo á la elevacion de presion. En cambio, cuando la locomotora está en actividad, se hace de todo punto preciso alimentar, porque la vaporizacion y gasto de agua son mayores.

Como regla general, puede establecerse que la alimentacion es proporcional á la vaporizacion; como que depende á

su vez de la combustion, y todas reunidas, del consumo de vapor, es decir, de la cantidad de trabajo que la máquina ha de desarrollar. Salta á la vista, una vez más, la necesidad del conocimiento exacto de la vía, para llevar la caldera con el nivel de agua conveniente, antes de franquear las rampas, curvas, etc. Si por negligencia ó inexperiencia, el maquinista llega á una rampa, ó accidente que exija acrecentar el esfuerzo de traccion, con el nivel de agua bajo y el hogar sin fuego, le será difícil cumplir su cometido; porque la alimentacion inmediata de agua y combustible, á un tiempo harán descender la presion, haciéndola impotente para vencer las resistencias que se presentan.

Dos métodos pueden seguirse para alimentar: el periódico ó intermitente, y el contínuo. Consiste el primero, como el nombre lo indica, en inyectar agua, á chorro grueso, sólo en determinados momentos; por el segundo método, la inyeccion es contínua, si bien con chorro más delgado, que se regula por medio de las llaves de los tubos conductores, con arreglo á la energía de la vaporizacion. Ambos tienen ventajas é inconvenientes en la aplicacion.

Bajo el punto de vista económico es preferible la alimentacion periódica, porque se efectúa en los momentos en que el vapor tiene exceso de tension, ya en marcha, ya en las estaciones (número **84**), y el enfriamiento del agua de la caldera no es de consecuencias; miéntras que, con la alimentacion contínua, el enfriamiento es constante, y el consumo de carbon mayor, si se ha de conservar en el hogar la temperatura conveniente. Considerada la alimentacion periódica como regularizadora de la tension, debe seguir, nunca preceder, á la combustion y carga del fuego.

Las razones ántes emitidas, sufren alguna variacion con los tipos de máquinas. Cuando por la magnitud de la cámara de vapor las alteraciones producidas en su tension por el enfriamiento del agua sean poco sensibles, el defecto acha-

cado á la alimentacion contínua es de poco valor; siéndolo en cambio notable si la caldera es de reducidas proporciones.

Por otra parte, la alimentacion contínua es más fácil y segura que la periódica: regulando la entrada del líquido y observando alguna que otra vez si los aparatos de alimentacion rigen, el maquinista no tiene que dedicar tanta vigilancia como en el caso de alimentar á intérvalos; no se verá expuesto á quedarse sin agua, y contará siempre con una reserva para dar frente á las eventualidades: con la intermitente, si descuida las ocasiones de alimentar ya no podrá hacerlo sin que la presion baje tal vez demasiado; y á veces de ningun modo, por temor de haber dejado al descubierto alguna parte de superficie de calefaccion.

Por estas razones la alimentacion contínua conviene á los maquinistas noveles, á los no conocedores de la vía, ó tambien en el caso de que los inyectadores den poca agua. Pero si el maquinista conoce bien la vía, el agua que su caldera gasta entre las estaciones, rasantes que exigen más ó ménos tension en el vapor, y la potencia de los inyectadores, preferible es la alimentacion periódica: carga el fuego en los momentos oportunos, y alimenta en los puntos en que la presion lo permita.

Cualquiera que sea el sistema seguido, si el nivel del agua baja durante la alimentacion, dando lugar á sospechar la existencia de escapes, ó que los inyectadores funcionan mal, es preciso tomar ciertas precauciones.

Si la diferencia de nivel es de 5 ó 6 centímetros, debe moderarse inmediatamente la actividad de la combustion y el consumo del vapor, y continuar alimentando.

En el caso de que el nivel haya descendido 10 ó 12 centímetros, y se suponga que ciertas partes de la superficie de calefaccion están fuera del agua, es de todo punto indispensable interrumpir la alimentacion, sacar el fuego de la reji-

lla y enfriar lentamente la caldera, cerrando el capuchon y registro del cenicero, si los hay: puede hacer más rápido el enfriamiento dejando abiertos el cenicero, chimenea y portezuela del hogar, para dar entrada al aire exterior; pero la variacion brusca de temperaturas es sumamente perjudicial á los metales, por cuya razon sólo debe emplearse este procedimiento cuando otro cualquiera sea inadmisible.

En todos casos se abstendrá el maquinista de abrir bruscamente el regulador ó cualquier otro conducto que dé salida al vapor; porque el descenso repentino de presion haria hervir tumultuosamente el agua, y proyectándose en parte sobre las paredes metálicas incandescentes, daria lugar á una abundante vaporizacion, muy peligrosa.

90. Empleo del tubo indicador.—Conocerá el maquinista que la alimentacion es necesaria, por la altura de agua visible en el tubo indicador, cuyo codo inferior viene á parar por encima del techo del hogar. Esto nos dice que el tubo nunca ha de estar sin agua, sino lleno, ó por lo ménos hasta la mitad.

Para poder dar fé á las indicaciones del tubo de nivel es preciso ensayarlo de contínuo, abriendo el grifo de prueba y viendo si el agua sale con facilidad, y sube de igual modo cuando se cierra. No conviene, sin embargo, abusar del ensayo, porque al cerrar el grifo de prueba el tubo sufre un contragolpe que puede romperlo.

Si el tubo está inutilizado ó se creen erróneas sus indicaciones, se hace uso de los grifos verificadores: cuando el agua está á conveniente altura, debe salir por el grifo de en medio, lo cual se conocerá proyectando el chorro sobre una tabla. Pero áun suponiendo que el tubo y los grifos funcionen en regla, no deberá dejarse engañar el maquinista por sus indicaciones, que son erróneas en algunos casos que hemos ya citado.

91. Reconocimiento y maniobra de los aparatos ali-

mentadores.—Para que la alimentacion se verifique como es debido, no le basta al maquinista conocer cuáles son las ocasiones en que ha de alimentar; le es preciso tambien saber la maniobra de los aparatos y el modo de reconocer si funcionan bien.

Poco tenemos que añadir á lo dicho en la primera parte (capítulo III, artículo 2.º) sobre este asunto. Fácilmente se vé si un inyectador dá el agua suficiente, observando con atencion durante algun tiempo la altura del agua por medio del tubo indicador: será incompleta la alimentacion cuando ápesar del agua inyectada, en el momento en que se está efectuando, el nivel continúa descendiendo; hay que buscar inmediatamente la causa, que puede residir en los aparatos ó en escapes de la caldera.

Para prevenir alarmas inútiles, bueno es advertir que al principio de la alimentacion el nivel de agua desciende siempre un poco, por efecto del enfriamiento que amortigua la ebullicion.

El maquinista ha de evitar esta falsa alarma; pues si guiado por ella aumenta el caudal de la inyeccion, empleando el otro inyectador, cuando se restablezca la temperatura por la energía de la combustion y la ebullicion se rehaga, quedará llena la caldera, con todos los inconvenientes consiguientes.

92. Provision de agua.—No terminarémos las breves palabras que quedan dichas sobre alimentacion, sin indicar la cantidad de agua que, aproximadamente, se consume en un trayecto dado.

El consumo de agua depende de la potencia de traccion que hay que desarrollar; es decir, del peso del tren y de los accidentes de la vía. No es posible tomar en cuenta más que la primera de estas dos circunstancias, al establecer datos numéricos que sirvan de guia para el cálculo de la provision de agua.

En los citados datos se comprenden, no solamente el agua vaporizada, sino tambien la que es arrastrada por el vapor.

A continuacion copiamos los suministrados por el ingeniero Sans.

Provision de agua para kilómetro recorrido.

CLASE DE TRENES.	Máquina sola. — LITROS.	Por tonelada del peso total del tren — LITROS.
Viajeros (ordinarios).	43	0,52
Idem (gran velocidad).	48	0,60
Mixtos.	50	0,50
Mercancías (ordinarios, hechos con máquinas de 6 ruedas acopladas).	51	0,36
Idem de gran peso (con máquinas de 40 y más toneladas)..	74	0,37

La capacidad de los tenders de las máquinas ordinarias, es, en término medio, de 6000 litros; y en las de grandes dimensiones de 10000. Con estas noticias podrá deducir el maquinista los puntos en que ha de hacer aguada.

CAPÍTULO VI.

APROVECHAMIENTO DEL AGENTE MOTOR.

93. Preliminares de la partida.—Cuando la máquina sale de la cochera, en las estaciones de punto de partida que no son de depósito, tiene que hacer todas las maniobras necesarias para la formacion del tren que ha de conducir, sacando de los apartaderos, vías de descargas ó accesorias, los wagones de mercancías y coches de viajeros necesarios, para conducirlos á la vía principal. Estas operaciones han de preceder en diez minutos, cuando ménos, al momento de la salida.

En las maniobras se requiere un gran cuidado, para evitar choques bruscos del tender, ó del último de los carruajes arrastrados, con el que se vá á enganchar. Ha de abrirse el regulador, un poco nada más, pues que no se trata de marchar con rapidez, y con frecuentes silbidos se avisará el momento en que se inicia el movimiento, para prevenir á los empleados de la vía que están encargados de arreglar los enganches y cadenas de seguridad, y que pueden encontrarse entre los wagones, ó debajo de ellos.

Antes de salir de la cochera, el maquinista ha debido hacer un escrupuloso reconocimiento de la locomotora y tender, con arreglo á los preceptos del número **79**: suponemos tambien hecha la limpieza, renovadas las estopas, si es necesario, y verificados los engrases. La maniobra le servirá para ensayar la máquina, observando el juego de todas las piezas, y si las bombas funcionan bien, etc.: cuando la maniobra no tiene lugar, verificará el ensayo paseando la locomotora por la vía que con este objeto haya; y si no la hay, por la general, cu'dando, sin embargo, de no alejarse de la estacion cuando se espere la llegada de otro tren.

Convencido de que la locomotora se encuentra en buen estado de servicio, el maquinista la conduce á la cabeza del tren, y allí espera la órden de marcha que ha de darle el conductor ó jefe del mismo. Las condiciones de la locomotora en este momento, han de ser:

Caldera y tender llenos de agua.

Tension elevada.

El fuego en actividad.

Abierto el ventilador.

Arreglado el registro del cenicero y abierto el capuchon.

Además: los reglamentos previenen que en las estaciones ha de estar el regulador cerrado, la palanca de contramarcha en el punto muerto, apretado el freno del tender y un hombre siempre en la plataforma.

Si en esta disposicion se hace esperar la órden de marcha, debe entretener la actividad de la combustion, para sostener la tension del vapor, alimentando el fogon con pequeñas y frecuentes cargas, pues que no se cuenta con más tiro artificial que el del ventilador. Generalmente, basta con dos ó tres paladas de carbon cada cinco minutos; pero esta regla no es absoluta, pues depende, entre otras cosas, de la calidad del combustible.

El maquinista no debe admitir carga mayor que la asignada en el *Librete*.

Con este objeto debe informarse del número y naturaleza de los wagones que componen el tren, y tambien de su órden de colocacion, para ver si se cumple las prescripciones que ordena la prudencia. Bajo este punto de vista le conviene saber lo que se consigna en los dos siguientes números.

94. Distintas clases de vehículos que pueden entrar en la composicion de un tren.—Para que el maquinista tenga perfecto conocimiento del peso y circunstancias del tren que conduce, es conveniente esté enterado de las variedades de carruajes que están en servicio en la línea.

Todos los vehículos se clasifican en *séries*, comprendiendo en cada una los de la misma especie. Cada carruaje lleva pintado en sus paredes, generalmente de blanco, una letra que indica la série, y al lado un número que corresponde á la numeracion, dentro de ella. Por ejemplo: *A*. 23, *E*. 40, indican respectivamente que los vehículos corresponden: el primero, á la série *A*, en la que hace el número 23, y el segundo á la *E*, con el 40.

Las letras que distinguen una série de otra varían con las líneas. En la de Madrid á Zaragoza y Alicante se han adoptado las siguientes *séries:*

A = Coches de viajeros; primera clase.

AB = Idem mixtos: el centro de primera y los extremos de segunda.

B = Coches de segunda clase.
CB = Idem mixtos de segunda y tercera.
C = Idem de tercera.
D = Furgones de equipajes.
E = Trucks: sirven para trasportar carruajes y maderas de grandes dimensiones. Con este último objeto, hay trucks de gran longitud, que tienen un movimiento de rotacion alrededor de un eje vertical situado en el centro de la plataforma, para facilitar su paso por las curvas.
F = Wagones-jaulas para frutas.
G = Wagones abiertos (sin techo) de bordes bajos.
H = Idem idem de bordes altos.
J = Wagones cerrados.
L, *M* = Jaulas para ganados.

En cada série hay un cierto número de wagones que tienen freno: los wagones-frenos se distinguen poniendo una *f* á la derecha de la letra indicadora de la série, por la parte superior. Así, *Jf* indica un wagon-freno cerrado.

Los vehículos llevan además varias inscripciones y marcas: las más importantes son las siguientes:

1.ª Número que dá el peso del carruaje, en kilógramos (suele oscilar entre 3 y 5 toneladas), por ejemplo, 4550.

2.ª Otro que indica la carga máxima, con la inscripcion que á continuacion copiamos: CARGA MAX. = 10.000.

3.ª En los furgones de equipajes suele encontrarse la siguiente inscripcion: LASTRE = 1000 kilógramos.

El objeto del lastre es aumentar el peso del wagon, cuando vá vacío, é impedir así se salga fácilmente de carriles.

4.ª Marcas indicando las fechas de reparacion en los talleres.

95. Formacion de trenes.—El órden de colocacion de los vehículos en el tren depende principalmente de las con-

diciones del tráfico; es decir, que ha de presidir en la formacion, la facilidad para ejecutar despues en las estaciones las maniobras de dejar y tomar carruajes.

Pero siempre que sea factible se observarán los siguientes preceptos:

1.° El peso útil del tren, es decir, la carga, ha de repartirse en el menor número posible de wagones (sin rebasar la tara máxima, por supuesto, número **94**), para no aumentar inútilmente el peso muerto.

2.° Los wagones más pesados deben colocarse, con preferencia, en la parte anterior del tren: puestos á la cola, hay peligro de romper los enganches, cuando el movimiento se acelera; y cuando se modera la velocidad, la fuerza viva adquirida por su masa ejecuta presiones enérgicas sobre los carruajes que preceden.

3.° Deben desecharse los carruajes en mal estado, ó los nuevos que no hayan sido ensayados.

4.° Para presentar la menor resistencia posible al viento en marcha, debe aproximarse los carruajes cuanto permita el buen juego de los enganches y resortes de los topes, y poner reunidos los de forma y dimensiones idénticas (los de la misma série). Bajo el punto de vista de la traccion, sería defectuosa la formacion de un tren en que alternasen los wagones cerrados, ó los abiertos de bordes altos, con las plataformas y trucks.

96. Instruccion para poner el tren en movimiento.— El maquinista no debe admitir carga mayor de la que le está asignada en el *Librete* para la seccion de línea en que vá á marchar. Si del reconocimiento del tren deduce que la carga es excesiva, puede pedir el auxilio de otra máquina: de la conducta que en este caso ha de seguir, tratarémos en otro número (**103**).

Le está severamente prohibido anticipar la hora de salida del tren: no emprenderá la marcha hasta que el jefe con-

ductor dé, con el pito, la señal oportuna: al oirla, pone el tren en movimiento, ejecutando, en el órden que se indica, las maniobras siguientes:

El fogonero afloja el freno del tender.

El maquinista dá con el silbato de la locomotora un silbido prologado, que indica que el tren inicia la marcha: lleva en seguida la palanca de cambio al último punto, en sentido del movimiento, y abre el regulador en una pequeña cantidad, y suavemente, para que las lumbreras se descubran paulatinamente: con antelacion habrá abierto por completo la válvula del tubo de escape.

Al mismo tiempo que el maquinista ejecuta estas maniobras, el fogonero cierra el ventilador y abre los grifos purgadores de los cilindros y cajas de distribucion, por medio de las varillas correspondientes.

Pocos momentos despues se cierran los grifos de purga; y cuando se ha adquirido la velocidad ordinaria de marcha, ábrese por completo el regulador, y la palanca se lleva á uno de los primeros puntos. Veamos las razones de operar de esta manera.

El esfuerzo de traccion, al emprender la marcha, ha de ser mayor que cuando el tren ha adquirido la velocidad ordinaria, porque, segun se dijo en el número **67**, la resistencia al rodamiento está aumentada con la inercia que hay que vencer, y con la resistencia que al movimiento presentan las manguetas, dentro de los cojinetes, ya porque la grasa esté espesada ó congelada, ya porque granos de arena se hayan interpuesto en las superficies en contacto.

Resulta de aquí la necesidad de prolongar el período de admision, y en consecuencia de emplear un punto de palanca distante del medio ó muerto del arco de contramarcha. Por igual motivo debe eliminarse cuanto tienda á contrariar la fuerza media de traccion; y así, para disminuir la intensidad de la contrapresion, la válvula de escape ha de estar

completamente abierta, á excepcion del caso en que, por falta de actividad en la combustion, sea de todo punto indispensable aumentar la energía del tiro.

Pero, por otra parte, la introduccion repentina en los cilindros de una gran cantidad de vapor, produciria una brusca traccion inicial; las violentas sacudidas que por tal causa resultarian, son capaces de romper los enganches: y no es este el menor de los accidentes á que se puede dar lugar, pues se corre el peligro de rebasar la adherencia, en cuyo caso la máquina patinará, y aumentando la velocidad de rotacion de las ruedas motrices, chocarian fuertemente con los carriles, con riesgo de fracturas de unas ú otros, especialmente de las primeras. El maquinista debe prevenir á toda costa el patinaje, cerrando el regulador inmediatamente que se inicie. Fácil es conocer el patinaje, por las pulsaciones precipitadas del vapor de escape, que corresponden á otras tantas emboladas en los dos cilindros: cuando al arrancar anda la máquina sin patinar, las pulsaciones son en corto número, puesto que la velocidad del émbolo es pequeña en los primeros instantes de la marcha.

La apertura completa del regulador trae consigo tambien un inconveniente no despreciable. El vapor emitido en abundancia, y de un modo brusco, sale por el tubo de toma con impetuosidad, arrastrando considerable cantidad de agua.

Resumiendo: Primero; el esfuerzo de traccion en los primeros momentos de la marcha ha de ser grande, no tanto, sin embargo, que resulte mayor que la adherencia y se produzca el patinaje. Segundo; la cantidad de vapor tomado á la caldera para actuar en los cilindros, en los primeros instantes, ha de ser moderada, aumentándose gradualmente, pero sin llegar al máximum permitido por el área de desembocadura de las lumbreras del regulador.

Todos estos extremos se consiguen llevando la palanca de cambio á los últimos puntos, y abriendo el regulador

poco á poco, sin hacerlo por completo. De este modo sufre el vapor una especie de expansion al pasar por las lumbreras parcialmente abiertas.

Cuando la palanca del regulador no obedece bien, como acontece algunas veces cuando las estopas de la caja de la cúpula están duras, se aumenta la longitud del brazo, por medio de una varilla ó tubo de hierro asegurado á su extremo.

Abrense los grifos purgadores de los cilindros, con objeto de expulsar el agua que estos contienen, y la que en los primeros momentos arrastra el vapor. El agua de los cilindros proviene de la condensacion del vapor últimamente admitido, cuando la máquina se detuvo, y de la producida por el enfriamiento de sus paredes en el que de nuevo llega á ellos.

La expulsion del agua que contienen los cilindros, es de todo punto necesaria, por las siguientes razones:

1.ª El agua de los cilindros, y la que, procedente de éstos, sale por la chimenea, ocupa un espacio que quita al vapor: el trabajo y escape de éste no tienen lugar entónces en las condiciones convenientes.

2.ª Cuando el émbolo llega á los puntos muertos, empujando por delante el agua, si el volúmen de ésta es mayor que el del espacio nocivo, se podrá ocasionar la fractura de las tapaderas del cilindro, sobre las cuales obra el líquido como si fuera un ariete.

Los grifos purgadores se mantienen abiertos hasta que el tren sale de las agujas de cambio de vía, y, en general, durante los primeros segundos.

La maniobra de los grifos no es exclusiva de este momento, sino que puede hacerse en marcha tambien, siempre que escupa la chimenea, con la precaucion, en todos casos, de que el chorro no alcance á las personas situadas cerca de la vía.

Es posible que la locomotora no se ponga en marcha al

abrir el regulador; ya porque los enganches estén demasiado tendidos, en cuyo caso la resistencia del tren al movimiento no es gradual, sino que obra de una vez, ya porque algunas piezas del mecanismo hayan quedado en uno de los puntos muertos, ó porque el distribuidor tape á un tiempo las dos lumbreras en algun cilindro. Colócase entónces la palanca de cambio al extremo opuesto del arco, para engendrar el movimiento en direccion contraria; y cuando se haya iniciado, vuélvase la palanca á su primitiva posicion, es decir, en sentido de la marcha que desde un principio se quiso seguir.

El tren tardará en adquirir la velocidad normal un tiempo que dependerá de la inercia que corresponde á su masa, y de las incidencias de la vía. Una vez conseguida la velocidad deseada, se llevará la palanca á uno de los primeros puntos, á partir del muerto, segun la expansion con que deba obrar el vapor, con arreglo al trabajo que la máquina tenga que desarrollar. A propósito de la maniobra de la palanca, conviene advertir lo difícil, duro y pesado, que es su movimiento, á brazo, cuando el regulador está abierto; porque hay que vencer los enérgicos rozamientos engendrados por la fuerte presion del distribuidor sobre la tabla de lumbreras, producida por el vapor. La maniobra exige, pues, precaucion: si se trata de llevar la palanca adelante, conviene apoyar un pié en la arquilla baja del tender, para mandar más fuerza; y cuando se ha de echar hácia atrás, apoyarlo en el recodo anterior del balconcillo, pues si vence la resistencia, puede ser despedido á la vía el maquinista.

Si tanta fuese la dificultad para maniobrar la palanca, debe cerrarse parcial ó totalmente el regulador, para que, descendiendo ó desapareciendo la tension del vapor en las cajas de distribucion, desaparezca la causa del fenómeno y sea factible la maniobra, concluida la cual se dará de nuevo entrada al vapor.

97. Prevenciones para la marcha.—En cuanto se refiere á la combustion, vaporizacion y alimentacion, tendrá presente el maquinista las reglas dadas en los capítulos II y V.

El trabajo del vapor, como regla general, ha de efectuarse á gran tension y con mucha expansion; con el regulador completamente abierto, así como la válvula del tubo de escape, y la palanca en el primero ó segundo punto: de este modo se evitan las contrapresiones, el vapor de escape cuenta solamente con la presion necesaria para vencer la atmosférica y se cumplen en un todo las prescripciones señaladas por la teoría y experiencia á un tiempo (número **43**) para un empleo económico de vapor.

Se ha dicho que el regulador ha de estar completamente abierto; porque de no ser así, el vapor experimenta una especie de laminacion al pasar por las lumbreras, y una expansion que, unida á la que tiene lugar por la pequeña abertura de las lumbreras del cilindro, disminuiria notablemente su tension en el interior de éste.

Sólo en un caso debe faltarse á esta regla. Si por circunstancias cualesquiera la apertura completa del regulador diera lugar á excesivo arrastre de agua, preferible será abrirlo á medias, pero aumentando la duracion del período de admision, como compensacion del laminado y descenso de tension.

Al cabo de algun tiempo el maquinista, por tanteos, conoce perfectamente la abertura de regulador y punto de palanca más convenientes á la marcha normal de la locomotora.

Pero esto, dentro siempre de las condiciones ántes enunciadas. Grande abertura del regulador y mucha expansion (*).

(*) Generalmente la longitud de carrera de émbolo correspondiente á la admision es de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{3}$ de la total.

Las anteriores prescripciones, adaptables á los casos ordinarios de vía horizontal ó poco inclinada, sin curvas ó con curvas de gran rádio, con carriles secos, atmósfera en calma, etc., etc., sufren algunas alteraciones cuando la vía es accidentada, y las condiciones atmosféricas son contrarias á la facilidad de la traccion. Enunciarémos estas diferencias, pero no sin prevenir antes que, en todos casos, ha de seguir el maquinista, como precepto invariable, el principio de no exigir á la locomotora más trabajo que el que puede dar; de modo que, si la combustion es incompleta y se cuenta con poco vapor, debe guardarse de consumirlo en abundancia, hasta que, aumentando la vaporizacion, lo obtenga en cantidad suficiente.

La locomotora tendrá que desarrollar un máximo de trabajo en rampas pronunciadas, con trenes pesados, cuando la vía se halle en mal estado, si reina viento fuerte contrario, ó cuando la marcha se ha retrasado. Cualquiera de estos casos, ó la combinacion de dos ó más de ellos, justifica el aumento de potencia.

El trabajo mínimo en marcha corresponde á los casos de circulacion en pendientes, viento favorable, carriles secos ó trenes de poco peso.

Desarrollará un trabajo medio en las condiciones ordinarias de vía poco accidentada, y circunstancias atmosféricas normales, ya enunciadas en las líneas precedentes.

El modo más natural de aumentar el trabajo es elevar la tension, por lo cual el maquinista previsor prepara convenientemente la locomotora para llegar al punto de mayor trabajo con nivel de agua alto, gran tension y combustion activa. En estas condiciones, probablemente no tendrá que hacer uso de más puntos de palanca; pero si la tension no es tan elevada como fuera de desear, ó el trabajo lo exige, se aumentará el período de admision.

Miéntras tanto se reclame al vapor un exceso de trabajo,

hay que eliminar cuidadosamente todas las causas que pudieran contrariarlo: por esta razon ha de estar abierta la válvula de escape, y debe evitarse toda causa de enfriamiento en la caldera, no abriendo la portezuela del hogar sino cuando la necesidad lo ordene.

Al atacar las rampas se lanza la máquina con gran velocidad para utilizar la fuerza viva adquirida: si la rampa es de 4 á 5 kilómetros de longitud, se salvará perfectamente sin necesidad de alimentar, siempre que el nivel de agua fuese suficientemente elevado al llegar á ella: téngase en cuenta que si bien es cierto que el consumo de vapor es mayor, tambien es más activa la vaporizacion, porque la energía del tiro aumenta.

En rampas de gran longitud no se puede prescindir de alimentar y cargar el fuego durante su trayecto. Ya que son inevitables estas causas de enfriamiento, procurará el maquinista disminuir su accion, en cuanto sea posible, cargando y alimentando á pequeñas cantidades.

Si en rampa se necesita un gran esfuerzo, se hace uso de más puntos de palanca; y cuando la adherencia no lo permita, se aumenta el valor del coeficiente empleando el arenero.

Al atacar las curvas, la velocidad ha de ser moderada, por las razones expuestas en el número **70**.

Cuando sea necesario moderar el trabajo, como sucede en las pendientes suaves, se conseguirá fácilmente empleando el primer punto de palanca y abriendo parcialmente, tan sólo, el regulador; para que el vapor, al llegar á los cilindros, haya disminuido de tension por efecto del doble laminado que experimenta al pasar por las lumbreras del tubo de toma y las de las cajas de distribucion.

Si la pendiente es de 8 ó 10 milímetros sólo habrá necesidad de emplear vapor al iniciarse el movimiento, pero despues bastará la fuerza de la gravedad para conservar la ve-

locidad, y aún podrá ser tan excesiva que exija el auxilio de los frenos.

El freno del tender se ha de tener, á este efecto, templado; es decir, dispuesto á obrar ya con energía á las primeras vueltas de manivela; y esto mismo deberá practicarse siempre que se trate de aminorar ó anular la velocidad en las maniobras de composicion ó descomposicion de trenes, al llegar á las estaciones ó puntos de parada conocidos de antemano. La maniobra del freno del tender corresponde al fogonero.

Pero en las pendientes, en el caso de que nos estamos ocupando, el freno del tender no es suficiente, y hay que acudir á los de los wagones del tren; para cuyo efecto, el maquinista dará la señal, con el silbato, de pedir frenos, y si se hubieren apretado demasiado, la de aflojarlos.

No es conveniente apretar fuertemente los frenos, á no ser en caso de absoluta necesidad, porque las almohadillas se enrojecen si son metálicas; y si la presion es de fuerza tal que suspenda la rodadura, de modo que las ruedas resbalen sobre carriles, se destruyen las llantas, formándose facetas planas que las hacen inútiles para un movimiento regular.

En las pendientes decae la energía del tiro, y por tanto, la actividad de la combustion; circunstancia que es preciso tener muy en cuenta para no descuidar el fuego, sino por el contrario, vigilarlo con esmero, abriendo el ventilador para suplir al vapor de escape, si el regulador está cerrado.

No debe olvidarse el maquinista de dar señales prolongadas con el silbato, para anunciar su presencia, siempre que vaya á entrar el tren en puentes, túneles, pasos á nivel y curvas cuya desembocadura no se vea desde larga distancia.

98. Vigilancia de los órganos de la máquina. — Colocado de pié el maquinista sobre la plataforma de la máquina, recibe las trepidaciones y vibraciones que en marcha se

engendran, y adquiere una sensibilidad, digámoslo así, que le sirve para conocer cualquier accidente ocurrido en la locomotora ó en el tren que arrastra, tal como descarrilamiento de un wagon, descomposicion repentina de algun órgano de la máquina, mal estado de la vía, etc., etc.

Al conocimiento de estos hechos concurren tambien: el oido, que percibe los choques ó rozamientos anormales; y la vista, que consultando el manómetro y los puntos fijos de la vía para calcular la velocidad del tren, determinan si la resistencia al movimiento es mayor de lo que debe esperarse en las condiciones de marcha regular. Conocidos nos son ya los inconvenientes de los rozamientos exagerados: el movimiento es duro, hay pérdida de fuerza motriz, pueden ocasionar el enrojecimiento y fractura de algun eje, y como consecuencia muy probable, el descarrilamiento parcial ó total del tren.

El exceso de rozamiento se hace más sensible en las máquinas nuevas ó recien salidas de talleres, porque las piezas vienen muy ajustadas: es, por lo tanto, más duro el movimiento en ellas, y hay necesidad de vigilar y prevenir los enrojecimientos de las manguetas.

Otras veces se debe á un aprieto excesivo de las llaves de los cojinetes.

El enrojecimiento de las piezas proviene casi siempre de falta de engrase, ó de la interposicion de granos de arena, ó cualquier otro cuerpo duro, en las superficies en contacto. Ya en otro lugar (artículo 2.°, capítulo primero) se han expuesto las precauciones que tienden á evitar las faltas de engrases, así como el medio de conocer y remediar los enrojecimientos de piezas.

En los émbolos, el exceso de rozamiento se manifiesta por un ruido ó *ronquido* particular. Puede provenir de falta de engrase, ó de que los aros prensen con demasiada fuerza las paredes interiores del cilindro; prevalecerá esta segunda

causa cuando el ronquido continúa á pesar del engrasado. La presion exagerada de los aros del émbolo sobre la superficie cilíndrica no puede remediarse sino en talleres; y es muy de sentir, porque los rozamientos absorben una parte muy considerable de la fuerza motriz; como lo reconocerá fácilmente el maquinista por el aumento de consumo de carbon.

Resumiendo: todo maquinista que lleve algun tiempo de servicio reconocerá el exceso de rozamientos por la dureza del movimiento y por el aumento de las resistencias á la traccion.

Las holguras en las articulaciones y cojinetes, de efectos tan perjudiciales como las exageraciones de rozamientos, se distinguen en marcha por el ruido de las piezas, que golpean, y por la marcha y movimientos especiales de los órganos en que se manifiestan. Las únicas holguras que puede hacer desaparecer el maquinista son las de los cojinetes y aros de excéntricas, apretando las correspondientes llaves ó bridas.

99. Patinaje.—El patinaje de la locomotora es sumamente pernicioso: ataca á la economía y á la seguridad. Al resbalar las ruedas motrices y sus acopladas, si las hay, sobre los carriles, se destruyen éstos y las llantas, y el vapor consumido en el trabajo desarrollado es completamente perdido: además, si no se detiene á tiempo el patinaje puede resultar la fractura de alguna llanta ó rueda motriz, porque la velocidad de rotacion crece, y con ella los saltos bruscos y choques de las ruedas contra los carriles.

Habrá patinaje siempre que el esfuerzo de traccion sea superior á la adherencia, bien por haber disminuido ésta, bien por aumentar aquél.

Disminuye el coeficiente de adherencia:

1.° Cuando los carriles se hallan ligeramente humedecidos. Tal sucede en los tiempos de niebla ó lluvia muy fina,

y, en todas épocas, en los túneles de gran longitud que estén poco ventilados, porque las filtraciones y el vapor que sale por el tubo de escape (si la circulacion es muy activa) mantienen constante humedad en los carriles.

2.° Cuando por circunstancias especiales del trazado ó de la explotacion, se deposita en las caras superiores de los carriles hojas secas, polvo de hulla, ú otra materia que haga las veces de sustancia lubrificante.

Auméntase el esfuerzo de traccion:

1.° Al romper la marcha para alcanzar en poco tiempo la velocidad normal.

2.° En las rampas de mucha longitud, pues que es fuerza hacer predominar este factor del trabajo para vencer el aumento de resistencia que resulta de la componente de la gravedad en sentido de la vía.

En todos casos, el patinaje se evita aumentando el coeficiente de adherencia; y el medio más generalmente empleado para conseguirlo consiste en depositar sobre los carriles una delgada capa de arena. Cierto es que aumentará tambien la resistencia de los wagones del tren al rodamiento; pero el crecimiento de fuerza motriz obtenido compensa con ventaja el de la resistencia.

100. Empleo del arenero.—Para que la arena cumpla el objeto propuesto, ha de distribuirse en los carriles con regularidad y sin exceso: á nada conduce los montones que se forman delante de las ruedas, cuando se reparte irregularmente (*): en realidad es bastante una sola capa de granos. Se dá salida á la arena maniobrando la varilla corres-

---

(*) La arena en exceso no facilita la traccion: por el contrario; se dificulta el movimiento de las ruedas: muchos granos quedan adheridos á las llantas y son proyectados despues, por efecto de la fuerza centrífuga, sobre las piezas del mecanismo, con perjuicio de su conservacion.

pondiente, situada casi siempre á la izquierda de la caldera; ha de estar seca, y los granos bien sueltos para que caigan libremente por la sola accion de la gravedad: las trepidaciones de la marcha contribuyen á su fácil desprendimiento; pero si á pesar de todo hay atoramiento en la entrada del tubo conductor, se remueve la masa con un alambre introducido por el pequeño orificio que con este objeto tiene el arenero junto á la llave de maniobra.

La arena ha de ser silícea, sin mezcla de arcilla; de grano duro é igual: en algunas líneas del extranjero se criba preliminarmente para separar los que tienen lados mayores de 8 milímetros. Depositada seca en el arenero, se mantiene en tal estado, merced á la temperatura que le comunica el cuerpo cilíndrico de la caldera.

Por lo que se deja indicado se comprenderá que la arena es un poderoso auxiliar de la traccion: así es que de ella se hace un gran consumo en muchas líneas férreas, y con especialidad para los trenes que sufren muchas detenciones, pues permite ganar tiempo al romper la marcha.

Empleada con este objeto, ha de tenerse la precaucion de no consumirla en abundancia al pasar por las agujas de cambio de vía, porque pudiera amontonarse é impedir el que se cierren por completo cuando sea necesario.

101. Estaciones.—En las estaciones de pequeña duracion, de 1 á 3 minutos, sólo queda tiempo al maquinista para dar una rápida ojeada al mecanismo; pero si la parada es de 5 á 15 minutos, puede visitar y engrasar la máquina, limpiar la placa tubular del cajon de fuego de las cenizas acumuladas, y cargar el fogon con combustible fresco; miéntras tanto, un empleado de la estacion llena de agua las cajas del tender, con la grúa hidráulica; limpia la caja de humo, sacando con la pala los trozos pequeños de combustible, ya apagados, amontonados en ella; y el empleado llamado del *recorrido* inspecciona los enganches de los wa-

gones, reconoce el estado de las llantas golpeando con un martillo, engrasa las manguetas de los ejes y refresca las que se hubiesen enrojecido.

Si la parada ha de ser de 1 á 15 minutos, debe el maquinista, antes de llegar á ella, continuar alimentando y cargando el fuego como lo viene ejecutando en marcha; pero á la aproximacion de paradas de más de 15 minutos ha de moderarse la actividad de la combustion y vaporizacion, porque de llegar con fuego activo y tension fuerte podrá esta última alcanzar proporciones alarmantes (número **84**), teniendo en cuenta la elevacion natural de presion en los puntos de estacion. Cierto es que se eliminan las consecuencias funestas del exceso de vapor formado dándole salida por las válvulas de seguridad, llaves de limpieza, etc.: sin embargo, este recurso es contrario á la economía.

Estos preceptos son de más imperiosa aplicacion todavía cuando se va á llegar á estaciones de muchas horas de duracion. Si el tren ha de ponerse en marcha despues, se dejará decaer la combustion (sin abandonarla por completo) antes de arribar al punto fijado, conservando la suficiente tension para hacer las maniobras de descomposicion del tren, y acudir á los depósitos de agua y combustible, antes de entrar en la cochera, y alimentando preventivamente la caldera para quedar con un nivel de agua alto. En resúmen: procurará llegar á la cochera con una tension de 3 á 3,5 atmósferas y con algun carbon en el hogar.

Durante la maniobra, abrirá con frecuencia los grifos purgadores para dar salida al agua de condensacion; y una vez instalado en la cochera, cerrará el regulador, pondrá la palanca de contramarcha en el punto muerto y hará dormir el fuego. Sin consumo sensible puede continuar la máquina en tal estado por espacio de veinticuatro horas, en disposicion de recobrar la tension y estar pronta á emprender la marcha, siempre que se avise con 30 á 60 minutos de anticipacion.

En paradas prolongadas, tiempo hay de remediar cuanto hubiere de defectuoso en la máquina, y esté al alcance del maquinista; como, por ejemplo, arreglo de cuñas de cojinetes, ballestas, limpieza de cajas de grasa, renovacion de estopas, etc., etc. Sin embargo, no debe emprenderse ninguna reparacion sin contar con el tiempo necesario.

Si la máquina ha de entrar en la cochera para apagar el fuego y descansar, no debe conservarse el combustible del hogar; y por esto cuando se está cerca del punto de arribada se deja de cargar carbon: el *desideratum* es llegar á la cochera sin una brasa sobre la rejilla.

Para apurar las últimas porciones de combustible existentes en el fogon, durante las últimas maniobras, se aprieta la válvula del tubo de escape, para aumentar la energía del tiro. Tambien en el caso que estamos considerando es conveniente que la caldera quede con elevado nivel de agua; porque si por cualquier motivo se hace preciso volver á encender el fuego y poner en presion el generador antes de practicar el lavado, se economiza el tiempo que exige el llenarlo; y si se efectúa el lavado se aprovecha la mayor altura de agua para que salgan con más fuerza los depósitos barrosos por los agujeros de limpieza.

Recordarémos que el lavado no debe hacerse hasta que la caldera esté fria, ocho, diez ó doce horas despues de apagado el fuego.

Una vez en la cochera, se deja condensar el vapor existente en la caldera, ó se hace pasar al tender, ó se le dá salida por las válvulas de seguridad. Si se pasa vapor al tender habrá que dejar abierto el orificio del colador, para dejarlo escapar, en caso de acumulacion peligrosa.

Cualquiera que sea el medio seguido para hacer desaparecer el vapor, fórmase el vacío en la caldera, cuyas paredes se encuentran entónces sometidas á la presion atmosférica: no es éste inconveniente, sin embargo, pues que el metal

tiene resistencia más que suficiente para soportarla; y por el contrario, se hace más fácil la vaporizacion si se enciende de nuevo el fogon antes de efectuar el lavado.

Terminada la operacion ántes citada, el maquinista hace una última visita á la máquina, cierra las arquillas de los útiles, afloja los muelles de las válvulas de seguridad, para no hacerlos trabajar inútilmente, con riesgo de perder prematuramente su elasticidad, y dá parte á su jefe de los incidentes ocurridos en la marcha y de las reparaciones más urgentes que la máquina reclama.

102. Velocidad en la marcha.—Las velocidades de los trenes varían segun la naturaleza de su composicion y objeto que llenan. Si bien es imposible asignar datos fijos, pueden tomarse aproximadamente, como término medio, los siguientes:

TRENES.	VELOCIDADES en metros por 1''	VELOCIDADES en kilómetros por hora.
De mercancías.	5 á 8	18 á 28
Mixtos.	10 á 12	36 á 43
Viajeros.	12 á 15	43 á 54
Idem á gran velocidad.	15 á 20	54 á 72
Idem extraordinarios con máquinas Crampton.	22 á 30	80 á 110

La velocidad, entre estaciones, ha de ser todo lo uniforme que permitan los accidentes de la vía. Si la marcha es precipitada á veces, lenta en otras, el servicio de la traccion resulta notablemente perjudicado, porque la irregularidad en las horas de llegada y salida, para las estaciones del trayecto, molesta al público y contraría al comercio; pudiéndose añadir á estas poderosas razones la no ménos importante de la seguridad en la circulacion, que queda comprometida con estas variaciones anormales de velocidad. En efecto: si para

compensar la lentitud de la marcha, en una parte del trayecto, se exagera en otra la rapidez, puede ocurrir que, no siendo esperado el tren, no se hayan tomado las medidas convenientes para recibirlo, ya en las estaciones ó apeaderos, ya en alguna parte de la vía en que se estén ejecutando trabajos de reparacion, ó en los pasos á nivel, cruces, etc.; y esto sin contar con los peligros inherentes á un exceso de velocidad, áun suponiendo una vigilancia perfecta de la vía, y el deterioro del material fijo y móvil que es consiguiente.

Por estas razones, los aumentos de velocidad, para rescatar el tiempo perdido, han de ser graduales, por pequeñas fracciones de una estacion á otra, cuidando de no alcanzar ningun otro tren, observando atentamente las señales, el estado de la vía, etc., etc.

Para que los maquinistas cumplan con esta parte de su deber, se les entrega unos *Libretes* en que están consignados los itinerarios, con la distancia que media entre las estaciones del tránsito, duracion de las paradas, velocidades, y horas de llegada y salida. Se imponen multas á los maquinistas que adelantan ó retrasan las horas del itinerario sin causa justificada.

Damos á continuacion una copia de algunas páginas del *Librete* empleado por los maquinistas de la línea del Mediodía, para que se tenga idea de su redaccion y composicion:

FERRO-CARRILES

DE MADRID Á ZARAGOZA Y Á ALICANTE.

LÍNEA DE MADRID Á ALICANTE.

Marcha de los trenes.

Servicio desde el dia 15 de Julio de 1871

N.° 51.

(Al reverso de esta primera página se lée):

«Se recuerda á todo el personal que, con arreglo al artículo 8.° del Reglamento para la circulacion por vía única, todos los trenes de mercancías se consideran como suplementarios, y, por lo tanto, no podrán circular en caso de interrupcion telegráfica.

Los trenes de viajeros seguirán su marcha, aunque no haya comunicacion telegráfica, hasta la estacion en que se haya marcado el cruce con otro tren de viajeros.

Los trenes especiales de viajeros, cuya marcha y cruces se hayan fijado y anunciado á las estaciones, se considerarán como trenes ordinarios de viajeros, en caso de interrupcion telegráfica. En caso contrario, esto es, si la marcha y cruces de estos trenes especiales de viajeros no se han fijado y anunciado á las estaciones, se considerarán como trenes de mercancías, si no hay comunicacion telegráfica.»

(A continuacion copiamos una hoja del *Librete*):

DESCENDENTES (*).

Número 6.—Mixto.—(1.ª, 2.ª y 3.ª clase).

De Castillejo á Toledo (26 km. Trayecto en 0 h. 50 m.) { Salida de Castillejo á las 10 y 15 de la noche. Llegada á Toledo á las 11 y 5 de la misma.

DISTANCIAS. De Castillejo.	DISTANCIAS. Intermedias.	ESTACIONES.	Velocidad por secciones.	Idem entre estaciones.	Tiempo concedido.	HORAS. De llegada.	HORAS. Parada.	HORAS. De salida	Cruzamientos y apartaderos.
»	»	Castillejo.	»	»	»	»	»	N 10,15	
11,5	11,5	Algodor. .	40	40	21	10,36	5	10,41	
26,0	14,5	TOLEDO. .			24	11,5 N	»	»	

Este tren es continuacion del tren núm. 8. Toma los viajeros que ha dejado el tren 1 para el ramal de Toledo.

Para conocer la velocidad en la marcha, no cuenta el maquinista con más medios que la observacion de los puntos fijos inmediatos á la vía. Despues de una pequeña práctica, es fácil deducir la velocidad, tomando como puntos de referencia los palos del telégrafo que, para el servicio de la explotacion, está tendido á lo largo de todas las líneas férreas.

Se activa la velocidad aumentando el esfuerzo de traccion,

(*) En la página siguiente figura un estado análogo, correspondiente á los trenes ascendentes.

es decir, la tension del vapor ó la duracion del período de admision, ó ambas cosas á un tiempo. Está terminantemente prohibido á los maquinistas aumentar la tension más allá del límite que asigna el timbre de la caldera, cargando al efecto las válvulas de seguridad, porque se corre el peligro de explosion.

La velocidad se modera disminuyendo el número de puntos de palanca de contramarcha; cerrando parcialmente el regulador, para que el vapor emitido por el tubo de toma sufra una especie de expansion al pasar por las lumbreras de aquél; ó bien, cerrándolo por completo. Siempre que se cierre completamente el regulador, en marcha, debe llevarse la palanca de cambio al punto extremo del arco, en sentido del movimiento, y no al punto medio ó muerto, como parece natural, pues de hacerlo así, se oirá distintamente un ruido metálico, producido por el golpeo de los distribuidores sobre las tablas de las lumbreras, que puede ocasionar su fractura: este golpeo proviene, tal vez, de que trabajando los émbolos en el vacío, dentro de los cilindros, hacen las veces de bombas aspirantes; y llamando al aire exterior por los grifos de purga, huelgos de las estoperas é intersticios, por estrechos que sean, lo expelen al interior de las cajas de distribucion, levantando los distribuidores que tapan las lumbreras, puntos de salida obligados.

Si los medios que anteceden fuesen insuficientes para moderar la velocidad, empleará el maquinista el freno del tender; y en caso de necesidad los de los wagones del tren, dando al efecto la señal de silbato reglamentaria.

Deberá aumentarse la velocidad, dentro de los límites de aceleracion ántes enunciados: primero, cuando el tren se haya retrasado; segundo, al atacar una rampa fuerte, para aprovechar la cantidad de movimiento adquirida. Recordarémos que el paso de una velocidad á otra mayor, no puede ser instantáneo (número **67**), sino que requiere algun tiem-

po y aumento de fuerza motriz, para vencer la inercia debida á la masa del tren.

Debe moderarse la velocidad: primero, en las pendientes largas; segundo, en las curvas; tercero, á la aproximacion de las estaciones; cuarto, siempre que se observe señal de precaucion, y si es de peligro debe detenerse inmediatamente la marcha; quinto, cuando se pasa de una rasante en rampa fuerte á otra en rampa débil, de nivel, ó en pendiente.

En el primer caso, si la pendiente es de 10 á 12 milímetros, no será necesario emplear vapor, sino al principio del movimiento, que despues se continúa por la velocidad adquirida y por la accion de la gravedad. Si bajo la accion de estas causas la velocidad adquiere valores excesivos, será preciso apelar á los frenos del tren, cuyo auxilio se reclamará con la señal de silbato oportuna. Si estos no bastasen, se emplea el contravapor como freno.

La fuerza centrífuga desarrollada en el paso de las curvas, y que tiende á descarrilar el tren, á un lado de la vía en sentido del movimiento, es tanto mayor, cuanto mayor es la velocidad: si ésta es considerable, será insuficiente el correctivo de la elevacion del carril exterior. Tambien influye en el valor de la fuerza centrífuga el rádio de la curva, creciendo aquella cuando éste disminuye. Por último (primera parte, número **276**): al inscribirse un carruaje en una curva, una de las ruedas delanteras tiende á salirse del carril exterior, mordiéndolo con la pestaña, miéntras que otra de las traseras se separa, por el contrario, del carril interior, en direccion al medio de la vía; y estas dos tendencias concurren al mismo fin, que es el de traslacion de todo el vehículo á un lado de la vía, abandonando los carriles. La facilidad de descarrilar, por esta causa, aumenta con la separacion de ejes extremos del carruaje, supuestos invariablemente paralelos.

Resumiendo: la curvatura de la curva, la separacion de

ejes extremos, y la velocidad, son elementos que contribuyen á facilitar ó dificultar la circulacion del tren; y puesto que de ellos únicamente es variable el tercero, es decir, la velocidad, la disminuirémos, para alejar la probabilidad de descarrilar.

Al hablar de separacion de ejes extremos, nos referimos á los de la locomotora, por ser de todos los vehículos del tren el de mayor longitud. Si la locomotora circula libremente por una curva, con mayor facilidad circularán los carruajes y wagones.

Segun se ha podido comprender por cuanto queda dicho en las anteriores líneas, ha de arreglarse la velocidad en el paso de las curvas, á la magnitud del rádio de éstas y á la separacion de los ejes extremos de la máquina. Son aceptables los datos de la tabla siguiente:

Separacion de ejes extremos, en metros.	**Rádio** de la curva, en metros.	**Velocidades** máximas admisibles, en k.°
4	1000	A toda velocidad.
	500	36
	250 á 300	6 á 10
3,50	800	A toda velocidad.
	500	36 á 45
	300	16 á 25
	250	6 á 10

Cuando la máquina tiene algun eje ó grupo de ejes convergentes, como sucede en los trenes Bissel, americano, etc., etc., la inscripcion en curvas es más fácil, y la velocidad de circulacion puede ser mayor; pero siempre es prudente no excederse.

Si la curva está en pendiente, las precauciones en la marcha todavía han de ser mayores: á todo trance debe evitar el maquinista que el tren llegue á la curva con excesiva velo-

cidad, pues se suman las dos causas de peligro de los dos casos anteriores. La velocidad ha de moderarse antes de penetrar en la curva; porque si se disminuye cuando el tren está comprendido en ella, cada carruaje se apoya fuertemente sobre el anterior, en virtud de su inercia, y es arrojado sobre el carril exterior.

Al aproximarse el tren á las estaciones ó puntos de parada, debe disminuirse tambien la velocidad, para detenerse en ellos, en los desembarcaderos ó puntos determinados de antemano. El punto fijado de detencion, en las estaciones principales, es la grua hidráulica: ha de quedar el tender á la altura de ella, para que se pueda alimentar sin necesidad de desenganchar. La máquina viene á resultar entónces encima de un *foso de picar fuego*, que, como el nombre indica, sirve para recibir las escorias expulsadas del hogar, y permite al propio tiempo penetrar fácilmente debajo de la locomotora, para visitar y engrasar los órganos interiores.

Es peligroso penetrar en una estacion con gran velocidad, rebasándola: los descarrilamientos en las agujas y cruzamientos son muy de temer, así como el atropellar á los empleados de la vía, al público que desciende de los andenes, y á los carruajes ó trenes instalados en la vía general, fuera de la estacion.

Para entrar en las estaciones con la débil velocidad que el caso requiere, basta cerrar á tiempo el regulador, antes de llegar á ellas: de este modo, las resistencias al movimiento, obrando como fuerzas retardatrices, absorben la cantidad de fuerza viva adquirida.

Si el regulador es cerrado á tiempo, no se necesita más auxilio que el del freno del tender, que se apretará fuertemente al principio de la maniobra, se aflojará un poco cuando se haya dominado la velocidad del tren, y volverá á apretarse, para venir á parar encima del foso de picar fuego, ó en el punto conveniente. Pero en el caso de no haber podido

dominar á tiempo la velocidad, reclamará la ayuda de los frenos del tren.

Debe cerrarse el regulador á una distancia de las estaciones, que varía entre 300 y 1200 metros. La razon de esta variabilidad estriba en la influencia diversa de las causas que contribuyen á la detencion: la fuerza viva del tren depende de su masa y velocidad; y las fuerzas retardatrices que la han de absorber, dependen del estado de conservacion de la vía y de lubrificacion de los carriles, intensidad y direccion del viento, inclinacion de las rasantes, etc. En un tren de 20 á 24 carruajes, á la velocidad media de 36 kilómetros por hora, sobre rasante horizontal, sin curvas, con viento moderado, estando la vía en regular estado de conservacion y con un coeficiente de rozamiento de rodadura medio, debe cerrarse el regulador á unos 600 metros del punto de arribada. Ha de aumentarse la distancia si el tren es más pesado, ó la velocidad mayor; ó finalmente, cuando los carriles están humedecidos, reine viento fuerte en direccion de la marcha, esté en pendiente la vía, sean poco enérgicos los frenos, etc.: y deberá disminuirse si el tren es de poco peso, ó hay rasantes en rampa, ó curvas; ó, por último, en caso de viento fuerte, contrario al movimiento, carriles con numerosos garrotes en las juntas, freno muy enérgico, etc., etc.

Cuanto acabamos de decir, conviene al caso en que hay necesidad de detener la marcha, entre estaciones, por haber percibido señal ó causa de peligro. Sólo hay que añadir el auxilio poderoso de los frenos del tren, y si el peligro fuese inminente, apelar al contravapor.

Dirémos, por último, que cuando el perfil es muy accidentado y hay cambios muy bruscos de rasante, debe marcharse con precaucion. Por ejemplo: si á una rampa de grande inclinacion sigue una rasante de nivel, ó rampa de inclinacion mucho menor, debe el maquinista moderar la

velocidad cuando llegue á la cúspide, hasta que todo el tren se halle en la nueva rasante; pues si estando todavía una parte de él en la rampa fuerte aumenta la velocidad (tendencia muy natural en la máquina, si no se corrige, pues que disminuye el factor del trabajo, esfuerzo de traccion), la concentracion de fuerza motriz en la cabeza del tren, puede ocasionar la fractura de algun enganche.

103. Doble traccion.—La doble traccion está motivada siempre que se haga necesario un aumento de potencia motriz, fuera de los límites exigibles á una sola locomotora de las empleadas en el servicio de la explotacion. Tal sucede en los trenes de viajeros ó mercancías compuestos de un gran número de vehículos; en casos de viento muy fuerte, contrario; mal estado de la vía, ó disminucion del coeficiente de adherencia; rampas muy pronunciadas, etc., etc.

En la conduccion de un tren á doble traccion, los maquinistas deben tener presentes las siguientes reglas.

La primera de las máquinas es la que dirige la marcha: debe siempre ejercer esfuerzo de traccion sobre la segunda, y nunca sufrir empujes de ésta. En tal concepto, el segundo maquinista no abrirá el regulador hasta tanto que la primera máquina haya iniciado la marcha; y, por el contrario, el maquinista de esta primera debe aguardar, para cerrar el regulador, á que lo haya cerrado el segundo.

El maquinista de la segunda máquina ha de mirar con frecuencia al de la primera, para abrir y cerrar el regulador, moderar la velocidad, activarla, etc., á las indicaciones de éste, hechas con la mano ó con el silbato.

Cuando, por circunstancias especiales del trazado de la vía, ú otra cualesquiera, no sea preciso emplear la potencia de las dos máquinas en una parte del trayecto, la primera ejecutará la traccion, y la segunda ejercerá un muy débil esfuerzo, con la palanca de contramarcha en el punto inmediato al muerto y el regulador muy poco abierto, y esto con

objeto de hacer circular una pequeña cantidad de vapor por las cajas de distribucion y cilindros, para la lubrificacion, y entretener la combustion y vaporizacion con el tiro artificial que produce el vapor de escape.

104. Colocacion, en el tren, de la segunda máquina.— La doble traccion puede operarse, situando la segunda máquina en cabeza de tren, á continuacion de la primera, ó á la cola, como último vehículo.

La doble traccion, con máquina á la cola, está proscrita, y con justo motivo, para trayectos de rasantes de nivel ó en rampa poco inclinada, y en curvas pronunciadas. Las razones que militan en favor de esta determinacion, son de gran peso, y se fundan en la necesidad de desechar cuanto ataque á la seguridad de la explotacion.

Separados los dos maquinistas por toda la longitud del tren, no pueden ponerse de acuerdo fácilmente, y de aquí resulta la dificultad de satisfacer el principio fundamental de la marcha á doble traccion; que la máquina que va en cabeza sea la que dirija el movimiento; que arrastre siempre, y no sea empujada nunca por la segunda.

Si, pues, la máquina situada á la cola del tren desarrolla un esfuerzo de traccion superior al de la cabeza, los vehículos intermedios se encontrarán sometidos á una presion igual á la diferencia de esfuerzos de las dos.

Esta presion, en alineaciones rectas, puede producir la destruccion de alguno de los carruajes, y el descarrilamiento, si por efecto de ella se sale de la vía el carruaje averiado. En las curvas, la presion se suma á la fuerza centrífuga para arrojar á los vehículos fuera del carril exterior. En todos casos los resultados son muy de temer.

Estos mismos desastrosos efectos se producirian, aunque la máquina segunda desarrolle menor esfuerzo que la primera, siempre que por cualquiera circunstancia imprevista tenga ésta que moderar la velocidad instantáneamente: la

fuerza viva de la máquina que va en cola, correspondiente á la diferencia de velocidades, se traducirá en choque fuerte sobre los wagones intermedios.

En un sólo caso está justificada la doble traccion con máquina en cola de tren: cuando se trata de salvar rampas fuertes, de 20 á 30 milímetros y de gran longitud. Colocadas las dos máquinas á la cabeza del tren, son muy frecuentes las fracturas de enganches, pues que sufren todo el esfuerzo de traccion, que es muy grande; y la parte de tren separada, sometida á la componente de la gravedad en sentido de la vía, desciende rápidamente hácia el pié de la rampa, sin que muchas veces sean suficientes los frenos para detener el movimiento, con riesgo grave de descarrilamiento ó choques con otros wagones ú obstáculos cualesquiera.

Si la segunda máquina va á la cola, la fractura de enganches no tiene consecuencias, pues que aquella sostiene los wagones desprendidos, á no ser en el caso de que la separacion se efectuase en los primeros carruajes del tren; pero áun entónces hace ménos grave el mal; y si retrocede bajo la accion del peso que sobre ella carga, trabaja á contravapor sin alterar la posicion de la palanca de cambio, y ayuda poderosamente á los frenos para moderar, ya que no es posible anular, la velocidad del descenso por la rampa.

La doble traccion en rampas pronunciadas, con máquina á la cola del tren, se practica en muchas líneas férreas extranjeras; entre otras, en la famosa seccion del Semring, á pesar de contar con curvas de rádio muy reducido.

Debemos consignar un inconveniente no despreciable anejo á la colocacion de la segunda máquina como último vehículo del tren.

En los túneles largos, los gases procedentes de la combustion, emitidos por la chimenea, rechazados por las pare-

des y techo del túnel, se acumulan en la parte posterior del tren, y trastornan y sofocan al segundo maquinista.

Adoptada la doble traccion con máquina á la cola, queda por resolver si ésta ha de engancharse al último carruaje, ó si ha de ir simplemente apoyada por los topes.

La segunda de estas soluciones es defectuosa: porque en el caso de que la máquina disminuyese la velocidad y se separase del tren, al alcanzarlo de nuevo chocaria con él, ocasionando tal vez la fractura de algun wagon, con todas las fatales consecuencias que este accidente acarrea. Preferible es enganchar la segunda máquina, áun á trueque de que al disminuir la velocidad, relativamente á la que lleva la primera, se rompan los enganches de alguno de los wagones intermedios.

105. Máquinas aisladas.—Remolque de máquinas con hogar apagado.—Cuando una máquina marcha sola, se procurará que siempre vaya el tender detrás, y nunca delante de ella, porque en este último caso aumentan las probabilidades de descarrilar. En efecto: el tender oculta la vista de una parte de la vía: la vigilancia es, pues, menor. Además: en algunos tipos, las ruedas traseras del tender, que ahora resultan directrices de la marcha, no están provistas de *escobas* para separar las piedras y obstáculos de toda especie depositados sobre los carriles.

Por idénticas razones, en caso de traccion sencilla, la máquina ha de ir siempre delante del tren, á no ser en marcha á pequeñas velocidades, para las maniobras de estacion.

Téngase en cuenta que los movimientos anormales de lanzadera, galope, etc., se hacen más sensibles cuando la máquina marcha sola; pues si arrastra un tren, la masa de éste y su resistencia al movimiento los hace menores.

Si se ha de remolcar una máquina cuyo hogar se halle apagado, y la caldera sin vapor, ha de desmontarse preliminarmente los émbolos (ó mejor las bielas motrices) y

las varillas de los distribuidores, para evitar los enormes rozamientos que de otro modo se engendrarian; rozamientos destructores, puesto que no existe la verdadera lubrificacion de las superficies en contacto, que es la que proporciona el vapor.

CAPÍTULO VII.

AVERÍAS Y MODO DE REMEDIARLAS.

106. Caldera quemada.—En varias ocasiones hemos explicado en qué consiste este hecho, que á veces tiene lugar en la superficie de calefaccion. Cuando el metal se encuentra sometido por una de sus caras á la accion calorífica de las llamas, gases, etc., y no está bañado de agua por la otra, se enrojece; produciéndose igual efecto, áun estando en contacto con el líquido, cuando las incrustaciones lo cubren interiormente en alguna parte de su superficie.

Fácilmente se reconoce este incidente en marcha, en las

partes visibles de la superficie de calefaccion por supuesto; por ejemplo, en la placa tubular, techo y paredes laterales del cajon de fuego: el metal enrojecido es luminoso, y se abolla casi siempre bajo la accion de la presion interior, á causa de la disminucion de tenacidad que ha experimentado. Cuando el hogar está apagado, las quemaduras se reconocen por el color característico que toman las partes quemadas, que se destaca perfectamente del color uniforme del resto de la superficie de calefaccion, y por las abolladuras.

El techo del hogar y los tubos de las hiladas superiores son las partes de la superficie de calefaccion que más riesgo corren de ser quemadas, especialmente en vías accidentadas, de rampas y pendientes de mucha inclinacion; porque si el maquinista no cuida de mantener un nivel elevado de agua en la caldera, quedan al descubierto.

Cualquiera que sea la inclinacion de las rasantes, las causas del incidente son debidas exclusivamente al maquinista, único responsable; pues solamente se producen por descuidos en la alimentacion, ó por negligencia en el lavado interior y periódico del generador para arrancar las incrustaciones.

En cuanto el maquinista reconozca, en marcha, que alguna parte del hogar ó tubería se ha enrojecido, debe arrojar inmediatamente el fuego de la parrilla y cerrar el regulador, evitando dar salida brusca al vapor, por cualquiera de los orificios conocidos, con objeto de que no ascienda el nivel de agua por efecto del descenso brusco de presion sobre su superficie y alcance á las partes enrojecidas. Para evitar tambien el contacto del agua en el metal enrojecido, debe cerrar inmediatamente los inyectadores y abstenerse de alimentar. Estas precauciones son necesarias, pues de lo contrario el agua próxima á la superficie incandescente toma el *estado esferoidal*, en el cual no moja á las paredes del

vaso que la contiene, pero cuando éstas se enfrian se vaporiza por completo; y esta abundante produccion de vapor puede comprometer la existencia de la caldera.

Véase, pues, las desagradables consecuencias á que dá orígen el descuido ó incapacidad del maquinista: cuando ménos, la detencion del tren (*), y los gastos de reparacion total ó parcial del cajon de fuego.

107. Explosion de la caldera.—La explosion de la caldera es uno de los accidentes más temibles que pueden ocurrir en la máquina: generalmente el maquinista es la primera víctima. Por fortuna la historia de la explotacion de las vías férreas registra muy contados casos; y á medida que se realizan progresos en la metalúrgia, obteniendo metales resistentes, y con la perfeccion adquirida en la construccion de las calderas, se hacen cada vez ménos frecuentes.

Las causas que pueden originar una explosion no están bien estudiadas: trasladarémos aquí tan sólo las más conocidas, pero en el hecho siempre hay algo de misterioso, que sería muy útil saber para poder prevenir el siniestro.

Claro está que si una caldera estalla, se debe á que la presion interior del vapor sobre sus paredes supera á la resistencia de los metales ó de sus uniones. Este desequilibrio entre la presion y la resistencia, puede provenir, entre otras, de las siguientes causas:

1.ª El metal pierde su resistencia por efecto de las corrosiones, por ser de mala calidad, ó por haber perdido parte de su tenacidad en contínuo servicio: las paredes están

(*) La máquina no podrá ponerse en marcha de nuevo, por sí sola, hasta que se enfrie la superficie de calefaccion, se llene de agua la caldera y se encienda el fogon, lo cual supone muchas horas de espera. Esto en el supuesto de que las partes enrojecidas no se hayan grieteado ó abollado, disminuyendo de resistencia en proporciones alarmantes.

mal fortificadas, por un sistema de armaduras no bien entendido; la forma de la caldera es viciosa y poco adecuada á la resistencia; alguna de las armaduras, tirantes ó virotillos está roto, y actúa sobre la pared correspondiente mayor presion que la calculada en la construccion, etc., etc. Se concibe que en tales casos, aunque la tension del vapor no rebase el número de atmósferas á que se timbró la caldera, puede producirse la explosion, sin que las válvulas de seguridad puedan prevenirlo, porque la presion que interiormente sufren los platillos no llega al límite necesario para levantarlos.

2.ª Cuando por haber dejado sin bañar de agua alguna parte de la superficie de calefaccion, toman los metales la temperatura del rojo, y se alimenta despues, el líquido en contacto con las planchas enrojecidas toma el estado esferoidal. La temperatura de los glóbulos de agua es inferior á la de 100° centígrados; no mojan al metal, pero lo refrescan paulatinamente, y al enfriarse éste se verifica el contacto inmediato y el agua se vaporiza rápida y completamente absorbiendo la elevada temperatura que todavía conservan las paredes ántes enrojecidas. La produccion de vapor es tan abundante, que segun algunos autores motiva casi siempre la explosion de la caldera, porque las válvulas de seguridad no pueden dar salida, á tiempo, á la considerable cantidad que se formó.

Si el maquinista no echó de ver el enrojecimiento de parte de la superficie de calefaccion, no es fácil prevenga la explosion; porque en los momentos que preceden al accidente, cuando el agua ha adquirido el estado esferoidal, el manómetro acusa todavía menor tension que la ordinaria, á causa de la ménos intensa vaporizacion del líquido inmediato á las superficies enrojecidas, en el estado esferoidal.

La parte de superficie de calefaccion quemada es, casi siempre, la primera que se rompe, pues que ha perdido en

tenacidad y resistencia. El accidente de explosion es tanto más de temer, por la causa que estamos considerando, cuanto menor sea la resistencia de la caldera, por las corrosiones interiores, debilidad de las armaduras y demás causas enumeradas en el grupo anterior.

3.ª Más frecuente causa de explosion ha sido la viciosa costumbre de algunos maquinistas de acuñar los platillos de las válvulas de seguridad, para aumentar la tension interior del vapor más allá de lo que éstas permiten, y obtener de este modo un aumento de trabajo. El peligro estriba en que si se continúa cargando el fuego, con las válvulas acuñadas, la tension crece rápidamente, y alcanza en muy poco tiempo valores superiores, con mucho, á los que puede resistir la caldera.

Ya hemos visto en otra ocasion, que, segun experiencias de Mr. Couche, la tension, cuando la máquina estaba parada, aumentaba con rapidez, aunque se descuidase el entretenimiento y vigilancia del fuego. A consecuencia de una explosion de caldera de locomotora, ocurrida en Manchester el año 1853, se entabló una viva discusion entre el inspector real y el renombrado Mr. Fairbairn, respecto á las causas productoras del hecho. El primero lo atribuia á la mala construccion de la caldera, especialmente al vicioso sistema de armaduras del techo del hogar y de la caja de fuego, miéntras que el segundo lo explicaba por el rápido crecimiento de tension que tuvo el vapor, estando la máquina parada y las válvulas de seguridad acuñadas, circunstancia que habia sido comprobada. Fairbairn aseguraba que, habiendo trascurrido veinte y cinco minutos entre la acuñacion de las válvulas y la explosion, la tension pudo subir fácilmente desde la inicial 5,2 atmósferas, hasta 21, por lo ménos.

En una experiencia practicada, para resolver la duda, con máquina del mismo sistema, hogar guarnecido de carbon, como de costumbre, y válvulas acuñadas, se obtuvieron los

siguientes resultados, favorables á la opinion del ingeniero Fairbairn:

Tiempo en minutos.	0	4	6	8	10	12	13	16	18	20	22
Presion absoluta en atmósferas.	1,82	2,56	3,02	3,5	4,09	4,69	5,04	6,3	7,1	8,1	8,8
Temperatura en grados centígrados.	117,3	129	133,9	139,2	144,8	149,9	152,3	161,14	165,5	171	175

Cualquiera que sea la causa de la explosion, los efectos son tanto más desastrosos cuanto mayor sea la cantidad de agua que contenga la caldera, es decir, cuanto mayor sea el volúmen de ésta. En efecto: el líquido alcanza temperaturas muy elevadas; al desgarrarse la caldera hay una pérdida grande de vapor; disminuye considerablemente la presion que actuaba sobre la superficie del agua, y merced á la notable temperatura almacenada por ésta, se vaporiza repentinamente en considerable cantidad, agravando las consecuencias de la explosion.

La explosion de la caldera inutiliza por completo la máquina, no sólo en los primeros momentos, sino por mucho tiempo; y la traccion del tren tendrá que operarse con la máquina piloto, ú otra cualquiera de que se pueda disponer.

108. Averías en los tubos.—Los tubos se revientan bajo la presion del vapor, porque pierden en espesor y resistencia á causa de los rozamientos que producen las partículas sólidas arrastradas en el tiro, ó porque se queman cuando dejan de ser bañados por el agua ó están cubiertos de incrustaciones.

Inmediatamente que un tubo se rompe, proyéctase sobre el hogar el agua interior, produciéndose en él vapor en abundancia. Si la avería consiste tan sólo en alguna pequeña grieta ó hendidura, caerá poca agua en el hogar, y se puede

remediar el mal fácilmente, aún marchando. Se empezará por maniobrar los inyectadores, si se viese que el nivel de agua desciende tanto que amenace el peligro de quedar al descubierto el techo del hogar: de seguida se aislará la parte de parrilla en que cae el chorro de agua; se activa la combustion, cargando carbon fresco, á pequeñas cantidades, para mantener la vaporizacion en un grado regular, y se procede á tapar el tubo averiado. Al efecto se emplea la *barra de tapar tubos* (figura 4, lámina 34), que termina por uno de sus extremos en un pequeño cilindro hueco, donde se aloja el tapon, que es de hierro ó madera: apuntando bien, para que el tapon éntre derecho en el tubo, se golpea en el otro extremo de la barra con un macho, cuidando de no producir tan fuertes conmociones en la placa tubular, que se aflojen los casquillos de los demás tubos. Al llegar á la primera estacion se tapa tambien el extremo del tubo que corresponde á la caja de humo. Ambos tapones han de quedar bien asegurados, pero especialmente el del hogar; porque si, bajo la presion interior, fuese despedido, podria herir gravemente al maquinista ó fogonero, caso de estar abierta la portezuela.

Cuando el tubo roto no está enfrente de la puerta del hogar, y sí hácia los ángulos, no es fácil obturarlo con la barra, á no ser que se tuerza para poder presentar de punta el tapon. Si el escape de agua se ha manifestado estando parada la máquina, el vapor que se forma en el hogar impide conocer cuál es el tubo averiado: para cerciorarse, es preciso dar salida al vapor formado en el fogon, abriendo el ventilador; y si fuese insuficiente el medio, poniendo en marcha la locomotora.

Cuando el tubo revienta, y los derrames de agua son considerables, el mal es más difícil de remediar. Ante todo, debe procurar el maquinista que no quede sin bañar por el líquido parte alguna de la superficie de calefaccion, y para

ello abrirá inmediatamente los inyectadores. Si el agua de alimentacion no compensa, como sucederá muy frecuentemente, la derramada, no dando lugar con esto á tapar el tubo, debe el maquinista arrojar desde luego el fuego del hogar, maniobrando la rejilla móvil, y si no la hay, dejando caer dos ó más barrotes, y lanzando el carbon por el hueco que resulta: si el hogar tiene cenicero cerrado, los barrotes y brasa caerán en el fondo, del que será preciso expulsarlos, empujándolos al exterior con la barra pica-fuegos ó pala de escorias. En el caso de reventar un tubo, la cantidad de agua á que dá salida, por lo general, es tan considerable que apaga por sí sola el fuego: no queda más que hacer que acabar de extinguirlo; pero la máquina no podrá ponerse en marcha de nuevo hasta haber tapado el tubo ó tubos rotos, llenado de agua la caldera y encendido el fuego. Recordarémos la conveniencia de no introducir agua en la caldera, hasta que los metales se hayan enfriado.

Un incidente, que es de la mayor importancia prevenir, es el de los derrames de agua en el hogar, á consecuencia de holguras en la union de los tubos con la placa tubular.

Estas holguras pueden provenir de la ovalizacion de los agujeros de la placa tubular, ó de que se hayan aflojado los casquillos.

La ovalizacion de los agujeros, en donde penetran las cabezas de los tubos, es causada por las dilataciones y flexiones que sufre la placa tubular: las dilataciones de la placa tienen lugar desde el marco inferior del hogar, al cual está asegurada, hácia el techo; y las flexiones se deben al exceso de dilatacion de los tubos, sobre la que experimenta el cuerpo cilíndrico, y que se traduce en presiones de aquellos sobre la citada placa tubular.

La ovalizacion de los agujeros de la placa tubular exige la renovacion de ésta.

Los casquillos se aflojan bajo la influencia de muy diver-

sas causas, que es conveniente conocer, para precaver más fácilmente el mal. Colocarémos, en primer término, el enfriamiento brusco que por cualquier incidente puedan experimentar cuando se hallen á la elevada temperatura que les comunica la radiacion y contacto de la llama y gases: el metal se contrae; el casquillo deja de prensar el tubo, cuyo extremo se separa tambien del orificio de apoyo de la placa tubular, parte por la contraccion y parte por la presion interior del vapor. Igual efecto producen las vibraciones; y finalmente, por el desgaste que en los casquillos resulta del continuado rozamiento de las partículas sólidas arrastradas por la corriente gaseosa, la acuñacion se debilita. Téngase en cuenta que los casquillos se desgastan con más rapidez que la tubería, pues no estando como ésta bañados por el agua en una de sus caras, almacenan mayor cantidad de calor, y el metal se reblandece.

Tambien se puede presentar un derrame, por haberse corroido por el fuego el reborde ó pestaña del tubo que apoya sobre la placa tubular. Insistirémos, por último, en que la presion que el vapor ejerce interiormente, tendiendo á separar el tubo de su asiento, es una causa permanente, cuya accion se suma á las ya enumeradas, variables, para producir derrames.

Resulta de cuanto queda expuesto en las anteriores líneas, que el maquinista debe evitar: primero, todo enfriamiento brusco, como los que pueden resultar de una alimentacion abundante con agua muy fria, ó de abrir con demasiada frecuencia la portezuela del hogar, cuando el aire está á muy baja temperatura; segundo, toda vibracion fuerte en la placa tubular, cuyo orígen puede ser: una ebullicion tumultuosa, por estar súcia el agua de la caldera; una brusca produccion de vapor, por haber dado salida por las válvulas de seguridad, ó cualquier otro orificio, á una gran cantidad de aquél; un tiro demasiado enérgico, ó un empleo impru-

dente de la válvula de escape; por último, una vía muy dura ó mal conservada. Esta última causa no es dado al maquinista evitarla.

Siempre que la energía del tiro disminuye, como sucede cuando la máquina está parada, ó cuando recorre rasantes en pendiente, la temperatura del hogar es menor, y los casquillos se contraen: la presion obrará entónces más perniciosamente, y conviene, por lo tanto, que se mantenga lo más baja que posible sea, teniendo en cuenta el servicio que la locomotora ha de prestar en los momentos siguientes. Así es que en las paradas de mucha duracion, en las máquinas que hacen el servicio de piloto, y, en general, en todas las que han de tener el fogon encendido por mucho tiempo, ó se cuente con el suficiente para restablecer la presion, como sucede en marcha, cuando á una larga pendiente sigue un trayecto horizontal de gran longitud, se seguirá el precepto anterior, es decir, se procurará que la tension del vapor sea lo más moderada posible. En cambio, cuando á una pendiente sigue una rampa, no es prudente desproveerse del agente motor, que tan necesario es.

Si para hacer bajar la tension se emplea la alimentacion, ha de procurarse que ésta no proporcione el enfriamiento brusco, ántes criticado como una de las causas productoras de las contracciones, holguras de los casquillos y derrames consiguientes.

Veamos qué es lo que tendrá que hacer el maquinista, cuando á pesar de las precauciones enumeradas se declaran derrames en los tubos. La primera y más indispensable operacion es abrir los inyectadores, no sólo para compensar el agua perdida, sino tambien para producir un descenso de tension en la caldera, disminuyendo así una de las causas del incidente. Inútil es decir que la alimentacion se ha de efectuar de modo que no se produzca un descenso brusco de tension y de temperatura.

Si la máquina está parada, el vapor formado en el hogar, procedente del agua derramada, no encuentra fácil salida; y por su contacto con la placa tubular y casquillos, los enfria y puede producir nuevas contracciones y derrames. Para evitarlo desahóguese pronto el fogon del vapor almacenado, abriendo el ventilador, con lo que se aumenta el tiro natural.

Aíslese la parte de parrilla donde cae el agua, retirando el carbon; cárguese paulatinamente con carbon fresco la parte restante y sosténgase la actividad de la combustion: si el estado de los casquillos no es muy malo, la disminucion de presion cortará los derrames; y una vez conseguido esto se volverá gradualmente á la tension primitiva. En algunas ocasiones no puede procederse de esta manera, porque léjos de ser prudente disminuir la tension, es de todo punto necesario acrecentarla, para desarrollar mayor cantidad de trabajo, como sucede en la entrada de las rampas, curvas, etc.: entónces se sigue un sistema completamente opuesto al ántes descrito; se activa la combustion, haciéndola intensa y sostenida, para que el calor dilate los casquillos y prensen éstos fuertemente á los tubos.

Cuando los derrames fuesen de tal importancia que la alimentacion, en toda su potencia, no compensase el agua perdida, no queda otro remedio que arrojar el fuego.

No debe intentar el maquinista cortar los derrames de los tubos apretando con la barra los casquillos; porque al golpearlos corre el peligro de aflojar los demás por las vibraciones de la placa tubular. Solamente á un maquinista entendido, y en el caso de que la placa tubular sea muy sólida, se puede permitir este medio.

Si los derrames reconocen por causa la corrosion ó destruccion de los remaches ó pestañas de los tubos, únicamente en talleres se puede remediar el mal, formando con la punceta un nuevo remache con metal del mismo tubo,

pues si se toma metal de la placa se la debilita é inutiliza al poco tiempo.

109. Derrames de agua.—Los derrames de agua tienen lugar por las uniones, costuras ó grietas formadas en la caldera: esta última causa es la de mayor gravedad, porque supone una falta de resistencia en los metales, que es de todo punto preciso corregir en talleres, á cuyo efecto el maquinista dará el aviso oportuno á sus jefes.

En cuanto se relaciona con la importancia de las consecuencias, dividirémos los derrames en dos grupos; comprendiendo en el primero los que se verifican al exterior del generador, y en el segundo los que tienen lugar en el hogar.

Los del primer grupo pueden manifestarse en las costuras del cuerpo cilíndrico; uniones de éste con la placa tubular de la caja de humo; por la parte exterior del marco inferior del cajon de fuego, etc., etc.

Siempre son un mal, pues que se pierde todo el combustible empleado en calentar el agua que se derrama, pero no un mal grave en cuanto las pérdidas sean fácilmente compensadas con la alimentacion. Así es que no constituyen por sí solos un incidente que obligue á alterar el régimen de la marcha, ni mucho ménos á suspender ésta: el único cuidado á que deberá atenderse es á que el agua escapada no caiga encima de los aceiteros, porque podria expulsar la materia lubrificante, produciéndose de sus resultas el enrojecimiento de las piezas que se rozan.

En cambio los derrames al interior del hogar son más perjudiciales: por una parte apagan una cierta cantidad de carbon rojo; y enfriando las paredes obligan á consumir mayor cantidad de combustible, y hacen muy difícil la combustion y vaporizacion regulares. Los derrames de esta especie pueden provenir: de la tubería, segun hemos visto en el número anterior; de las uniones de las planchas que for-

man el cajon de fuego, ó de los remiendos, si los hay; del marco inferior ó del correspondiente á la portezuela del hogar; del tapon fusible que lleva el techo, etc.

No está en mano del maquinista remediar el mal, sólo en talleres pueden llevarse á cabo las reparaciones.

110. Averías en los aparatos de alimentacion.—Nada tenemos que añadir á lo que respecto á este asunto se manifestó en la primera parte, por lo que invitamos al lector para que acuda á ella.

111. Otras averías que afectan á la vaporizacion.—En marcha, por las trepidaciones, pueden caer algunos barrotes de la rejilla. Si son tres ó cuatro, el incidente no es de importancia: actívese la combustion en las dos partes en que quedó dividida la rejilla, para compensar la disminucion de área y los enfriamientos producidos por el aire exterior que en abundancia penetra por el boquete abierto. La marcha no se interrumpirá y al llegar á la más próxima estacion se reponen los barrotes caidos con otros nuevos, si los hay, y en caso contrario se espacian los restantes para llenar el hueco: los huecos parciales serán así mayores; pero todo el inconveniente queda limitado á emplear trozos de carbon más gruesos, en las cargas.

Cuando el número de barrotes desprendidos es tan considerable que no quede lugar para colocar el combustible necesario á la vaporizacion conveniente, se procurará aprovechar la tension del vapor existente en la caldera para continuar la marcha hasta la próxima estacion, y si no es posible, no queda más recurso que reclamar el auxilio de otra máquina.

Los barrotes suelen fundirse: si están muy próximos se unen, soldándose, con lo que interceptan la entrada al aire. Cárguese entónces el combustible con menor espesor, para facilitar el paso del aire cuanto se ha dificultado por el incidente.

Si se rompe el tubo de cristal del indicador, hay que cerrar inmediatamente las dos llaves de los extremos para incomunicarlos; pues de no hacerlo así, concluiria por perderse todo el vapor y gran parte del agua que contiene la caldera. A veces no es tan fácil como parece la operacion de cerrar las llaves, á causa del vapor y agua que en abundancia salen por los orificios; se empleará entónces un gárfio largo para maniobrar los mangos de las llaves á distancia.

Si el maquinista tiene otro tubo de repuesto, en la estacion más próxima lo renovará, guiándose, entre tanto, para conocer el nivel de agua en la caldera, por las indicaciones de los grifos verificadores; y haciendo uso exclusivo de éstos para toda la marcha, si no tuviese á mano tubo nuevo.

La fractura del tubito que conduce vapor al manómetro, ó el desarreglo de éste, son, aunque parezca lo contrario, averías de gravedad, puesto que el maquinista no podrá apreciar con exactitud la tension del vapor en la caldera, como no sea levantando á brazo, con frecuencia, las palancas de las válvulas de seguridad, para deducir aproximadamente por el esfuerzo desarrollado la presion que ejerce el vapor en los platillos. En tal caso toda vigilancia, por parte del maquinista, es poca: recuérdese la rapidez con que la tension del vapor se eleva, especialmente en las estaciones.

Cuando el resorte de una de las válvulas de seguridad se rompe (si la válvula no ha sido arrancada), se puede sustituir con una fuerte cuerda que asegure la palanca.

Si esta avería ha ocurrido en las dos válvulas, por el momento, hasta llegar á la más próxima estacion, se podrán acuñar; pero para evitar la explosion de la caldera hay que atender cuidadosamente á que la presion no se eleve, abriendo por completo la válvula de escape, alimentando de agua, y hasta abriendo el registro de la caja de humo, si es preciso, para disminuir la violencia del tiro. Inmediatamente de llegar al punto de parada más cercano se pedirá el auxilio

de otra máquina para continuar el viaje y en la propia se apagará el fuego. Inútil es decir que cuando á la avería de ambas válvulas se une la del manómetro, la vigilancia del maquinista para evitar las elevaciones de tension, hasta la estacion próxima, han de ser mayores.

Cuando al romperse el resorte de una válvula ha sido arrancado el platillo, el vapor sale abundantemente por el orificio, y no queda otro remedio que arrojar de seguida el fuego, pues vaciándose de vapor la caldera en muy poco tiempo, y vaporizándose gran cantidad de agua al encontrarse con elevada temperatura sometida tan sólo á la presion atmosférica, es muy probable que el techo del hogar y tubos superiores queden sin bañar por el líquido. Igual operacion deberá practicarse en el caso de que el platillo, sin haber sido expulsado, no se fije bien en su asiento y deje una abertura ancha por donde el vapor escape en abundancia.

Tambien se apagará ó arrojará inmediatamente el fuego si las llaves de limpieza y desagüe ó las planchuelas de los agujeros inferiores del cajon de fuego saltan, porque la caldera se vaciará en muy corto tiempo.

La avería del silbato es causa más que suficiente para reclamar el auxilio de una locomotora, cuyo objeto, colocada á la cabeza del tren como si se trabajase á doble traccion, no es otro que el de dar las señales convenientes. Nada más expuesto á accidentes graves que el que un tren circule por la vía, pasos á nivel, cruzamientos, puentes, túneles, etc., y éntre y salga en las estaciones sin avisar su presencia ó distancia.

La chimenea puede romperse por el choque en los puentes cubiertos, túneles, etc., con andamiajes de reparacion ó piezas salientes. Si la fractura ha tenido lugar hácia la mitad de la altura, puede continuarse la marcha con el trozo de chimenea restante; porque el tiro se mantiene bien con

sólo apretar la válvula de escape, más ó ménos segun la altura de la parte que quedó. Cuando la chimenea ha sido desprendida ó arrancada por su base, se ensayará el asegurarla con cuerdas; si esto no es posible, deténgase la marcha, desengánchese la máquina, llévesela, si es posible, á alguna vía ó apartadero para no embarazar la llegada de socorros, y pídase el auxilio de otra máquina.

112. Averías en el regulador. — A veces el regulador queda en tal situacion que no es posible abrirlo ó cerrarlo. Tal sucede cuando la corredera se agarra fuertemente á las guias, cuando las varillas de maniobra se rompen ó las articulaciones se salen de quicio. Si el regulador quedó cerrando las lumbreras, la máquina es inservible por el momento: hay que apagar el fuego, dejar enfriar la caldera y desmontar la cúpula para arreglar la avería; operaciones que sólo podrán practicarse en talleres. Cuando el regulador queda abierto, la máquina puede continuar su viaje; es preciso, no obstante, que los distribuidores se hallen en buen estado y apoyen perfectamente en la tabla de las lumbreras, pues para detener la marcha y mantener la máquina parada no queda otro recurso que tapar las dos lumbreras de admision, llevando la palanca de contramarcha al punto muerto.

Si los distribuidores, colocados en el punto muerto, no incomunican por completo los cilindros con la caldera, se verá si se puede evacuar el vapor que en ellos penetra, abriendo los grifos purgadores. En el caso de ser muy grande la cantidad de vapor introducido, ó de existir avería en el mecanismo del sector de Stephenson que impida la colocacion de los distribuidores en el punto muerto, no queda más recurso que arrojar el fuego y desvaporar la caldera, pues será de todo punto imposible detener la marcha de la máquina.

113. Escapes de vapor.—Cuando los escapes de vapor son de poca importancia, no tienen más inconveniente que

el de aumentar el consumo de combustible; pero si son en proporcion tan considerable que, juntamente con el vapor gastado útilmente en los cilindros, hagan el consumo superior á la produccion, la máquina es inservible y debe entrar inmediatamente en los talleres de reparacion.

Los escapes de vapor que es dado al maquinista atajar son los de las estoperas y tapas de los cilindros y cajas de distribucion, renovando las estopas en las paradas de duracion conveniente.

Los escapes de los tubos que conducen el vapor al cilindro, y del tubo de escape, pueden perjudicar, si son abundantes, á la energía del tiro. Debe intentar el maquinista cerrar las fisuras con envueltas de cáñamo y mínio, bien apretado con cuerdas.

114. Averías en los cilindros y en los órganos de trasformacion de movimiento.—A causa de la gran velocidad en el movimiento rectilíneo alternativo, están muy expuestos á romperse los émbolos, cilindros, vástagos, correderas, bielas motrices, etc. En cualquiera de estos casos, la máquina queda privada del servicio de uno de los cilindros; pero puede y debe aprovecharse el otro, siempre que la carga lo permita, para continuar el viaje hasta el fin, ó cuando ménos hasta llegar á la primera estacion. Veamos el modo de conseguirlo.

Supongamos que se ha roto uno de los cilindros ó sus tapaderas (tal sucederá, por ejemplo, cuando por haberse roto el vástago ó biela motriz, venga á chocar fuertemente el émbolo contra el fondo del cilindro). Inmediatamente que se observe el incidente, ciérrese el regulador y deténgase la marcha; desmóntese la biela motriz y el émbolo; hágase lo propio con la varilla del distribuidor y colóquese á éste de modo que tape á un tiempo las dos lumbreras. De esta manera queda incomunicado con la caldera el cilindro que se inutilizó.

La biela motriz se desmonta aflojando las cuñas ó llaves de los cojinetes y separándolos. En alguna ocasion tal vez sea inútil desmontar la biela motriz, y baste quitar el émbolo y su vástago; pero si se viese que el taco del extremo, al moverse en las paralelas produce rozamientos capaces de enrojecer las piezas, por no resultar tan bien guiado como cuando iba unido al vástago de émbolo, se desmontará la citada biela motriz. Puede paralizarse el movimiento del distribuidor de dos modos: ó desmontando los aros ó barras de excéntrica y sector de Stephenson correspondiente, ó lo que es más fácil, deshaciendo el empalme que casi siempre hay en las varillas, levantando al efecto la llave ó cuña que lo asegura. El distribuidor se asegura en la posicion media, tapando las dos lumbreras, sujetando fuertemente la varilla á las guias ó á cualquier otro punto fijo de la máquina. Si el distribuidor no apoya bien sobre la tabla de las lumbreras, y deja escapar por ellas vapor en abundancia que pasará á la atmósfera por el cilindro roto, la máquina no podrá continuar su viaje. Ciérrese entónces el regulador y reclámese el auxilio de la máquina piloto.

En el caso de que el émbolo y cilindro hayan quedado intactos, y que la avería resida en el vástago ó biela motriz, se desmontará esta última pieza; se llevará el émbolo al punto muerto anterior, y lo mismo el distribuidor despues de haber desmontado su varilla. De esta manera quedará abierta la lumbrera posterior; pero el vapor que por ella penetre en el cilindro, no hace sino apoyar más el émbolo sobre la tapa anterior, sin moverlo.

Esta misma operacion hay que efectuar siempre que ocurra alguna avería en las piezas que dependen de un émbolo; averías que consisten en la fractura de la biela motriz, taco, vástago del émbolo, paralelas, ó cojinetes, pasadores, llaves, etc., de estas piezas.

Si la avería está en los émbolos, aros de excéntrica, bar-

ras, sector de Stephenson, varilla ó cualquiera otra pieza que dependa del distribuidor, se desmontan, y se lleva éste á su punto medio de modo que tape bien las dos lumbreras. En realidad no es preciso de todo punto desmontar pieza alguna del cilindro y émbolo, pero será necesario engrasarlos contínuamente, y áun así pueden dar lugar á rozamientos considerables que absorben gran parte de la potencia motriz proporcionada por el otro cilindro.

Cuando la avería reside en el mismo distribuidor, tiene más gravedad: si se ha roto por completo, ó no puede cerrar la lumbrera correspondiente al escape, puede considerarse inutilizada la máquina por el momento, y reclamar el auxilio de otra, pues todo el vapor que penetre en la caja de distribucion (que no es posible incomunicar con la caldera cuando el regulador está abierto), saldrá inmediatamente á la atmósfera por el tubo de escape y chimenea.

Uno de los incidentes que con frecuencia suelen presentarse, es el enrojecimiento de alguna de las piezas sometidas á grandes velocidades; como, por ejemplo, los aros de excéntrica, botones de manivela y muñones en las bielas motrices, cojinetes, etc., etc. Inmediatamente que el maquinista se aperciba del hecho, por el fuerte olor del aceite quemado, detiene la marcha, afloja un poco los cojinetes, aros, etc., y engrasa abundantemente, refescándolos antes con agua fria. Durante la marcha, rociará las piezas con aceite frecuentemente; pero si, á pesar de estas precauciones, el enrojecimiento se manifestase de nuevo, las desmontará.

Si una biela de acoplamiento se rompe ó inutiliza, se desmonta, pero con la condicion de desmontar tambien su compañera del otro lado de la máquina, pues de otro modo se la expondria, trabajando sóla, á doblarse ó romperse, y se comprometeria además el paralelismo obligado de los dos ejes correspondientes.

Cuando el arco dentado, la palanca de contramarcha ó

falleba que la sujeta á los puntos de aquel, las varillas de comunicacion de movimiento con el árbol de realce, etc., se rompen, los sectores Stephenson caen por su peso, de modo que el movimiento de los distribuidores continúa, pero al máximum de amplitud; en el supuesto de barras rectas, de modo que, cuando manden las superiores correspondan los movimientos de la distribucion á la marcha adelante. Esta avería no impide continuar la marcha: tiene, sin embargo, el inconveniente de hacer el período de admision de mucha duracion, y, por tanto, muy grande el consumo de vapor. Cuando las barras fuesen cruzadas, de modo que para la marcha directa correspondiese mandar á los extremos inferiores de los sectores, se suspenderian éstos de la caldera para conseguirlo.

Si los sectores se rompen, se procede de un modo análogo, asegurando los extremos superiores ó inferiores á la varilla del distribuidor, segun que las barras sean rectas ó cruzadas, y desmontando la barra de excéntrica que sea inútil.

115. Averías en el vehículo.—Si se rompe el eje motor, el maquinista debe cerrar el regulador inmediatamente y maniobrar los frenos para detener la marcha cuanto ántes, en la hipótesis de que no ha habido descarrilamiento, incidente muy de temer en este caso. Una vez detenida la máquina, se procede á levantar el eje y ruedas rotas, de modo que éstas no apoyen sobre los carriles: al efecto, se aflojan las ballestas correspondientes, con lo cual se levantará el bastidor por esta parte, cargándose el peso total sobre los ejes restantes, y se levantarán tambien las cajas de grasa con el trozo de eje, moviéndolas dentro de las aberturas de las placas de seguridad, y calzándolas por debajo con cuñas de madera. Para elevar las cajas de grasa, y con ellas las ruedas, dentro de las placas de seguridad, se emplea el cric ó gato de movimiento sencillo (figura 8, lámina 34), que no describimos, por ser igual en un todo á los ordinarios.

Como el eje motor es el más cargado, los ejes restantes, que soportan ahora además del peso que les corresponde una parte del que aquel recibia, no podrán probablemente resistir la nueva carga: en tal caso se les alivia de peso, calzando contra la vía el bastidor, cerca del eje roto, levantándolo al efecto por ámbos lados con los gatos.

La máquina ha quedado completamente inutilizada para continuar su viaje: el maquinista debe desvaporar y apagar el fuego.

Si el eje roto fuese el delantero, trasero, ó en general alguno de los que reciben poca carga, despues de haber levantado las ruedas aflojando los muelles y acuñando las cajas de grasa, como en el caso anterior, se verá si puede sustituirse provisionalmente con un eje de wagon ó cangrejo, sin más objeto que el de llevar la máquina á una vía apartadero, para no embarazar la general.

Las llantas pueden romperse ó salirse completamente de la rueda: cuando la fractura es instantánea y completa, es seguida siempre de un descarrilamiento, con todas sus funestas consecuencias; pero si al romperse quedan los trozos en su sitio asegurados por los pernos correspondientes, puede continuarse la marcha hasta la estacion más próxima, con mucha precaucion y á la velocidad de 4 á 5 kilómetros por hora cuando más. Para evitar que choque con el tren otro que pudiese marchar detrás, en la misma direccion, fijará en la vía el maquinista, á la distancia prevenida, un banderin rojo, ó cualquiera otra señal ó medio de aviso. En el caso de que la llanta se haya desprendido por completo de la rueda, sin que la máquina haya salido de carriles, se podrá marchar con cinco ruedas, acuñando el bastidor sobre la parte superior de las cajas de grasa, para mantener su horizontalidad, y acuñando la rueda averiada, con un calzo situado entre la caja de grasa y la parte inferior de la placa de seguridad, para que no toque al carril.

Este medio no debe aplicarse en el caso de que la rueda averiada fuese una de las delanteras, porque se obtendria muy poca estabilidad: preferible es apoyar la parte anterior de la máquina sobre un cangrejo. Si una rueda se sale del cubo del eje, se opera como si el eje estuvise roto.

Cuando se rompe una hoja sola de las ballestas, no siendo la maestra ó superior, puede continuarse la marcha sin inconveniente; pero en el caso de inutilizarse todo el muelle, hay que acuñar el bastidor, poniendo un calzo entre la parte superior de la caja de grasa y el extremo más elevado de la abertura de la placa de seguridad. Con esta operacion se podrá continuar el viaje con velocidad moderada, hasta el más próximo depósito.

Las cajas de grasa se calientan y enrojecen á veces: se refrescan del modo ya indicado en varias ocasiones.

Las averías del bastidor dan siempre tiempo para conduducir la máquina á los talleres.

En el caso de fractura de un enganche, bien sea el de la máquina y tender, tender con el primer wagon, ó el de dos wagones cualesquiera, queda el tren dividido en dos partes. Guárdese el maquinista de detener la marcha, porque la parte del tren vendria á chocar fuertemente con la máquina ó parte del tren á ella unida: por el contrario, aumente la velocidad, para ganar unos 200 metros de delantera sobre los carruajes separados. De seguida, si únicamente se desprendieron la máquina y tender, dará con el silbato la señal de apretar frenos; pero si se ha roto el enganche de dos carruajes, pedirá aflojarlos; con cuya señal dará verdadero aviso á los guardafrenos de la parte de tren unida á la máquina, y llamará la atencion de los de la parte restante, que en el acto deberán detener la marcha.

Cuando se haya detenido la parte de tren separada, hace alto el maquinista, y retrocede para unirse á ella, y entónces procede á remediar, en lo posible, la avería, sustituyendo

con cadenas, cuerdas, etc., el enganche roto, y marchando á pequeña velocidad hasta la más próxima estacion, en donde pueda encontrar recursos para practicar una compostura perfecta.

Cuando por avería cualquiera tenga que detenerse el tren, entre dos estaciones, se pondrán señales de alto á 800 metros de distancia, á uno y otro lado; y por medio de los guardas de vía se dará parte á la estacion más próxima, para que ésta lo haga telegráficamente á la otra y al depósito, reclamando los auxilios que el maquinista crea necesarios.

116. Descarrilamientos.—El descarrilamiento de una máquina puede provenir de la fractura de una llanta, eje, ballesta; de la reparticion viciosa del peso total sobre ejes, coincidiendo con movimientos de lanzadera, galope, etc., muy pronunciados; del mal estado de la vía, ú obstáculos colocados sobre ella, etc., etc.

El maquinista y fogonero deben permanecer sobre la máquina, aunque vean inminente un descarrilamiento. La experiencia ha demostrado repetidas veces que es mucho más peligroso tratar de saltar á la vía en esos momentos: además que su deber les ordena desarrollar todos sus esfuerzos para disminuir la velocidad y hacer ménos funestas las consecuencias del accidente, apretando los frenos y apelando, si hay tiempo, al contravapor. La única precaucion que deben tomar es la de colocarse, el maquinista, sobre la plataforma de la máquina, y el fogonero, sobre la del tender, con objeto de no ser heridos en las piernas, pues éste monta generalmente sobre aquella.

Si el descarrilamiento ha tenido lugar, el primer deber del maquinista, en el caso de haber salido ileso del siniestro, es prestar todos los socorros posibles á los heridos, auxiliado al efecto de los empleados del tren, guardas de la vía, y cuantas personas puedan contribuir á este humanitario objeto.

Cumplida esta importante atencion, dará aviso á las estaciones más próximas, del accidente, manifestando la gravedad y los recursos que á su juicio son indispensables; de seguida se dedicará, en cuanto sus fuerzas lo permitan, á desembarazar la vía de los restos de carruajes rotos, y á poner en carriles los que de ellos se hubiesen salido y sea fácil encarrilar de nuevo.

En tales casos, con la mejor voluntad, todos quieren mandar, y ninguno obedece. El maquinista debe ser el que dirija las maniobras, en tanto acudan los socorros con el jefe del depósito más cercano, ó ingeniero de la traccion, á quienes corresponde el mando por su mayor categoría.

Cuando la máquina no ha sufrido en el accidente, ó tiene ligeras averías que es fácil remediar para emprender la marcha de nuevo en corto tiempo, y si el nivel de agua no se ha alterado gran cosa, de modo que ninguna parte de la superficie de calefaccion ha quedado sin bañar por el agua, no debe apagarse el fuego, sino que se alimentará, si no se han roto las rótulas ni los inyectadores, y se seguirá cargando el fuego. Pero si la máquina se ha volcado ó ha quedado tan inclinada que alguna parte de la superficie de calefaccion no es bañada por el líquido, ó en el caso que los inyectadores quedasen inutilizados, hay que apagar el fuego inmediatamente, con agua ó tierra; pues el sacarlo del fogon y arrojarlo á la vía podria añadir al siniestro el de incendio de algun wagon ó parte del tren.

Si el accidente consiste, por fortuna, tan sólo en que un par de ruedas de la máquina se hayan salido de carriles, le es fácil al maquinista remediar el mal, sirviéndose al efecto de los crics ó gatos ordinarios, ya indicados en otro lugar (figura 8, lámina 34), y de otros gatos de doble movimiento (figura 9), muy sencillos, y que prestan relevantes servicios en estos casos. Estos crics, como se puede observar en la figura, tienen doble movimiento; el vertical,para elevar, y el

horizontal de traslacion: obtiénese el primero con la espiga roscada *a*, maniobrada con la palanca *b*; y el segundo con el tornillo sin fin *d*, que girando por medio de una manivela encajada en *m*, hace correr longitudinalmente la mesilla *c* y todo lo que ella soporta.

Para poner en carriles la máquina, en el caso ántes citado, empiécese por calzar las cajas de grasa con cuñas de madera, situadas por debajo, apoyando en la parte inferior de las placas de seguridad, con objeto de que al elevarse el bastidor se eleven tambien los ejes y ruedas. Tambien hay necesidad de acuñar todas las cajas de grasa por encima, con calzos colocados entre la cara superior y la abertura de las placas de seguridad, para que al levantar la locomotora por una cabecera ó traviesa no descienda por el extremo opuesto, á causa de la flexibilidad de los muelles de este lado, que pudieran romperse tambien bajo la excesiva carga que sobre ellos gravitaria.

Todo esto se evita, haciendo que los muelles no trabajen, calzando las cajas de grasa al bastidor por encima y por debajo.

Hecha esta operacion, cálcense las ruedas que permanecieron en carriles, para impedir que rueden adelante ó atrás; y con la carraca ó gato de doble movimiento se levanta el bastidor por la traviesa delantera ó trasera, segun sea delantero ó trasero el eje descarrilado, y se coloca nuevamente en carriles. La carraca ha de apoyarse sobre base sólida, pues de lo contrario, se hundiria en el suelo bajo la accion del peso que ha de levantar: al efecto se desmonta el balasto y se coloca sobre las traviesas, ó capa dura del terreno, unos trozos de tablon, que sirviendo de apoyo repartan la presion sobre mayor superficie. A medida que las ruedas descarriladas se elevan bajo la accion de los crics, se calzan por debajo con cuñas, para no perder el trabajo hecho, en el caso de que éstas se inutilizasen, ó tambien en el de que haya que

separarlos para colocarlos sobre base más elevada, que les permita continuar su accion. Operacion semejante se practica cuando algun wagon sale de carriles.

Si la máquina ha venido á parar lejos de la vía, hay que establecer otra provisional, para conducirla á la verdadera.

Cuando la máquina, separándose poco de la vía principal, ha descarrilado por completo, es decir, que todas sus ruedas han salido de carriles, se opera de la siguiente manera: Colóquese cada par de ruedas sobre un carril, de plano, situado trasversalmente sobre los carriles de la vía; operacion que presenta pequeñas dificultades, pues basta elevar la máquina con los gatos, hasta que pueda introducirse por debajo de las pestañas de las ruedas el carril. Los carriles auxiliares, correspondientes á cada par de ruedas, han de colocarse paralelamente, y en cuanto posible sea perpendiculares á la vía principal.

Hecha esta operacion preliminar, engrásense bien los carriles trasversales, y hágase resbalar las pestañas de las ruedas sobre ellas con palancas, gatos, etc., hasta que la máquina venga á resultar á plomo sobre los carriles de la vía: levántese por los extremos, para quitar los que han servido de soportes, y la máquina descenderá, apoyándose por las llantas de sus ruedas en los carriles principales. Antes de efectuar todas estas operaciones, se acuñarán las cajas de grasa por la parte superior y la inferior.

Si la máquina, al descarrilar, quedó muy inclinada de un lado, se pondrá derecha antes de comenzar las maniobras explicadas. En el caso de haber volcado por completo, se necesita armar dos fuertes cábrias para levantarla.

Puesto en carriles un wagon ó máquina descarrilados, antes de emprender la marcha, será forzoso reconocerlos minuciosamente, para tener el convencimiento de que no han experimentado avería que les impida rodar sobre carriles: aunque el resultado del reconocimiento haya sido satisfacto-

rio, es prudente marchar á pequeña velocidad, y observar atentamente el juego de todas las piezas, con especialidad el movimiento de las ruedas.

Examínese la vía, en el lugar del descarrilamiento, pues posible es que haya quedado inutilizada, y no permita, sin recomposicion preliminar, el paso del tren, al emprender de nuevo la marcha.

Las prescripciones que, como medidas generales, hemos dejado consignadas en las líneas precedentes, no siempre podrán ser seguidas por el maquinista. Un wagon ó la máquina, descarrilados parcialmente ó por completo, pero á pequeña distancia de la vía, son incidentes que puede remediar; pero si la locomotora se separó mucho de carriles, ó quedó volcada, debe aguardarse á la llegada de socorros, en personal, útiles y máquinas, limitándose entónces el maquinista á desembarazar la vía de los restos de carruajes destruidos, y á restablecer con la mayor prontitud posible la circulacion.

117. Socorros á los heridos.—A continuacion copiamos las instrucciones redactadas por una reunion de médicos franceses, para socorrer á los heridos, antes de la llegada de personal facultativo (*).

«DISPOSICIONES GENERALES. La primera precaucion, con todo herido, es levantarle cuidadosamente y conducirle léjos del lugar del accidente. Se le dá la posicion más cómoda que posible sea, al abrigo del frio, sol y humedad, procediendo de seguida á administrarle los cuidados que su estado reclama. Es preciso impedir la aglomeracion de personas alrededor de los heridos, y evitar el inquietarles inútilmente: para que los socorros sean eficaces, deben ser suministrados con calma y sin precipitacion.

(*) Gaudry: *Machines á vapeur*.—Tomo 1, número 450.

Las heridas se deben lavar con agua pura, proscribiendo el empleo de agua salada ó cualquier otro líquido.

En el caso de fractura se evitará toda traccion brusca en el miembro fracturado, y no se desnudará al herido sino cuando haya necesidad evidente. Si la lesion ha tenido lugar en uno de los miembros inferiores, no se dejará andar al herido por su pié.

No se debe administrar á los heridos bebidas espirituosas ó fermentadas, como vinos, cerveza, aguardiente ó licores: el agua fria, pura ó azucarada, debe bastar en todos casos.

No se debe dar alimento, sólido ó líquido, á ningun herido hasta la llegada del médico.

Diversos casos pueden presentarse:

Heridas. Se descubre suavemente la parte herida, cortando con tijeras los vestidos si es necesario; límpiese despues con esponja ó trapos empapados en agua fresca, la sangre, tierra ó cualquiera otra suciedad; colóquese la parte herida en una posicion tal que presente la menor abertura posible y cúbrase con una compresa empapada en agua fria, manteniéndola con una venda, sin imprimir grandes movimientos al miembro ó parte lesionada.

Si se trata de una cortadura, de bordes bien señalados, se aproximan, con los dedos, los labios de la herida, manteniéndolos en esta posicion por medio de tiras de tafetan engomado ó esparadrapo de diaquilon, que se reblandece preliminarmente pasándolo repetidas veces por delante de una bujía ó luz. Por encima se aplican planchuelas de hilas ó compresas y una venda medianamente apretada.

Cuando algun cuerpo extraño, como astilla de madera ó hierro, ha penetrado en las carnes, no se practica la extraccion sino en el caso de que pueda hacerse con facilidad, y sin tirones bruscos; de lo contrario se esperará la llegada del médico.

Si hay contusion ó trombus se aplicará en la parte en-

ferma compresas mojadas en agua fresca, con adicion de extracto de saturno, en la proporcion de 20 á 25 gotas de éste por un vaso de aquella. Se asegurarán las compresas con una venda poco apretada, que se rociará con frecuencia para mantenerla húmeda.

Hemorragia ó pérdida de sangre. Cuando la herida sangra poco, la hemorragia se contiene fácilmente uniendo los labios y aplicando, con ligera compresion, una planchuela de yesca.

Si la pérdida de sangre es abundante se tratará de detenerla aplicando á la herida pedazos de yesca, ó planchuelas de hilas, sostenidos con la mano, pañuelo ó vendaje que comprima moderadamente.

Cuando la sangre escapa con gran abundancia ó á chorro rojo escarlata, intermitente, y el herido, pálido y desfalleciente, está en peligro de morir de hemorragia, es preciso colocar uno ó más dedos en la herida, en el punto en que la sangre brota, y ejercer una compresion suficiente para detener la salida. Si la disposicion de las partes lo permite, se hará bien en coger y comprimir el punto que sangra, entre el pulgar y los demás dedos.

Se reemplazará de seguida esta compresion con una plancha de yesca, hilas ó trapo, aplicada sobre la herida y apretada con una venda.

Espectoracion ó vómitos de sangre. Cuando un herido escupa ó vomite sangre, es preciso colocarlo boca arriba ó del lado correspondiente á la herida, con el pecho y la cabeza elevados, suavemente sostenidos y hacerle beber, á pequeños tragos, agua fresca. Se aplicará en seguida compresas empapadas en agua fria, en la parte anterior del pecho y en el hueco del estómago.

Luxaciones, relajaciones ó esguince. En los casos de luxacion ó dislocacion, debe evitarse, con el mayor cuidado, el hacer ejecutar al miembro enfermo todo movimiento brus-

co y extendido; limitándose á sostenerlo en la posicion que ocasione ménos dolor al paciente, hasta la llegada del médico.

Si hubiese relajacion ó esguince, sumérjase la parte herida en un vaso lleno de agua fria, manteniéndola en esta situacion por mucho tiempo, renovando el agua. Si la parte no puede sumergirse en el líquido, cúbrase de compresas mojadas de agua, que se rociarán contínuamente para mantenerlas frescas.

Fracturas en general. Evítese imprimir al miembro lesionado todo movimiento inútil, sosteniéndole con precaucion, durante la traslacion del herido.

Fractura de uno de los miembros superiores. Si han sido fracturados el brazo, antebrazo ó mano, se aproximarán suavemente al cuerpo, sosteniéndolos con cabestrillos en la posicion ménos penosa para el herido. Para mayor seguridad, puede, en algunos casos, mantenerse inmóvil el miembro herido sobre el pecho, con una venda ó pañuelo aplicado trasversalmente.

Fractura de uno de los miembros inferiores. Si se trata del muslo ó pierna, colóquese cuidadosamente al herido en un lecho ó camilla, extiéndase con precaucion el miembro fracturado sobre una almohada, asegurándole á ésta con dos ó tres cintas, por encima, suficientemente apretadas. Puédese, á falta de este medio, unir el miembro herido al sano, en toda su longitud, con vendas ó pañuelos, sin apretar más que lo suficiente para impedir el desarrollo de la fractura. Es importante sostener el pié é impedir que caiga adentro ó afuera.

Este último medio de contencion se empleará con preferencia cuando se vaya á trasladar el herido á otro lugar.

Fracturas complicadas con heridas.—Miembros magullados ó arrancados.—Cuando un miembro ha sido machacado ó desgarrado, y separado del cuerpo completamen-

te, ó casi del todo, el accidente inmediato más de temer es la hemorragia, que será preciso contener con la mayor prontitud, ya comprimiendo con los dedos el punto por donde sale sangre, ó bien aplicando una ligadura, apretada por medio de un pañuelo ó de una venda, en el miembro lesionado, inmediatamente por encima de la herida.

Si basta la ligadura para detener la sangre, se deja de comprimir la herida con los dedos, cubriéndola con anchas compresas de agua fria, procurando mantener las partes heridas en la más absoluta inmovilidad.

Nunca debe cortarse ningun colgajo de carne, por delgado que sea el pedículo que la retenga ó una al cuerpo.

QUEMADURAS. Es preciso conservar y volver á colocar en su sitio, con el mayor cuidado, las partes de epidermis levantadas ó parcialmente arrancadas.

Se puede atravesar las ampollas ó vejigas con un alfiler para dar salida al líquido.

En todos casos recúbrase la parte quemada con un lienzo untado de cerato ó mojado en aceite de almendras dulces, y colóquese por encima compresas de agua fria, rociadas con frecuencia.

PÉRDIDA DE CONOCIMIENTO.—SÍNCOPE. Cuando un herido pierde el conocimiento, ó se le vé desfallecer, es preciso desde luego desabrochar su traje, y quitar ó aflojar las ligaduras que pudiesen comprimir el cuello, pecho ó vientre. Acuéstesele de seguida horizontalmente, con la cabeza un poco levantada; límpiese la boca y narices, de la sangre, polvo ó barro, y cualquier obstáculo que impida la entrada del aire en el pecho; rocíesele la cara con bruscas aspersiones de agua fria, y si no fuera suficiente este medio para devolverle el conocimiento se frotarán las sienes y narices con vinagre: tambien se le puede hacer aspirar vapores de éter ó de amoniaco, y en caso de necesidad friccionar la region del corazon con el alcohol alcanforado. Algunas veces de-

ben prolongarse estos socorros por mucho tiempo para conseguir que el herido vuelva en sí.

Si el herido ha perdido mucha sangre y si está frio, es preciso practicar en todo el cuerpo fricciones con franela caliente, cubrirlo con cuidado y calentar la cama.

Cuando la pérdida de sangre es acompañada de heridas de consideracion en el cráneo, no puede hacerse otra cosa que colocar al paciente en la situacion más cómoda, con la cabeza medianamente levantada; mantener el calor del cuerpo, especialmente de los piés, y aguardar la llegada del médico.

Si el herido se halla en profundo estado de embriaguez, se le puede administrar á pequeños sorbos, con algunos minutos de intérvalo, un vaso de agua azucarada que contenga 10 ó 15 gotas de amoniaco, repitiendo la operacion una vez si es necesario.»

VOCABULARIO.

VOCABULARIO

DE

LOS TÉRMINOS PRÁCTICOS MÁS USUALES

EMPLEADOS EN ESTA OBRA.

A

Abrazadera de la traviesa. Cincho de hierro, que consolida las traviesas de madera del bastidor de la máquina. Cada traviesa tiene dos en los extremos.

Aceiteros. Pequeños depósitos de metal, de formas variadas, destinados á contener aceite ó grasa para efectuar la lubrificacion de las piezas del mecanismo sujetas á grandes rozamientos.

Acodillado (*ó acodado*). Recibe este nombre el eje que tiene codos; como, por ejemplo, el motor en las locomotoras de cilindros interiores. Los codos sustituyen á las manivelas de los ejes rectos, y reciben las cabezas de las bielas.

Acoplamiento. Conjugacion de dos ó más ejes ó ruedas por medio de bielas. Las ruedas acopladas tienen inmediata dependencia de movimientos; de modo que, si una gira ó patina, se produce el rodamiento ó patinaje de las demás.

Adherencia. Se dá, aunque impropiamente, este nombre, á la resistencia que presentan al resbalamiento dos cuerpos en contacto. En las máquinas, la adherencia se mide por

el esfuerzo que sería preciso desarrollar para hacer patinar las ruedas motrices sobre los carriles.

Aglomerados (tambien se llaman *Conglomerados*). Combustible artificial, formado con menudos de hulla y una materia que sirve de cemento (generalmente la brea de hulla). Los trozos del aglomerado reciben por el moldeo forma prismática ó cilíndrica.

Aguada. Puntos de aguada son los que contienen depósitos de líquido para alimentar los tenders.

Aguja. Parte de carril, móvil alrededor de un punto, y que sirve para hacer pasar los trenes de una vía á otra que converge con ella. Las agujas se colocan en los puntos de convergencia de los carriles. || *Del Giffard:* Varilla terminada en parte cónica, maniobrada con una manivela, que permite ó interrumpe, á voluntad, la entrada del vapor en la tobera.

Agujero *de limpieza.* Hay cuatro en la caja exterior de fuego, uno en cada ángulo, por la parte inferior; otro por encima de la portezuela del hogar, y alguno ó algunos en la placa tubular de la caja de humo; tambien suele haber una abertura circular en la caldera, para introducir ó dar salida al agua, y por el que penetran los rascadores para arrancar las incrustaciones. || *De hombre:* Orificio grande de la caldera, por el que puede introducirse un operario: cuando el generador tiene cúpula, el orificio de donde arranca hace de *agujero de hombre.*

Ajustador. Operario que trabaja las piezas de metal, ya concluidas, y las arregla y coloca en su lugar.

Alimentacion de la caldera ó del tender. Operacion que tiene por objeto proporcionar á estos el agua necesaria para la marcha.

Alineacion. Direccion de una línea recta ó curva.

Almohadillas. En los frenos se dá este nombre á las piezas de madera ó hierro que oprimen fuertemente á las llantas,

creando enérgicos rozamientos de resbalamiento que absorben parte de la fuerza viva, moderando ó anulando la velocidad.

Anteojos. Plancha de palastro con dos cristales circulares, situada en la parte posterior de la locomotora, por encima de la caja exterior de fuego. Con su auxilio, examina el maquinista el trozo de vía que tiene delante, sin que le incomode el viento, polvo, humo ni chispas.

Apartadero. Vía accesoria que sirve para contener wagones, y áun trenes completos, dejando expedita la vía general, á la que está unida.

Arbol. Sinónimo de *eje* de un mecanismo. En las máquinas de vapor suele recibir este nombre el *eje* que recibe la accion del agente motor para trasmitirla inmediatamente al operador. En las locomotoras, el árbol es el *eje motor.* || *De los purgadores:* Varilla horizontal, que al girar cierra ó abre á un tiempo los grifos purgadores de los cilindros y cajas de distribucion. || *De retorno, de los sectores*: Eje horizontal provisto de contrapeso, cuya rotacion produce la elevacion ó descenso de los sectores de Stephenson.

Arbolillo. Varilla de hierro, cilíndrica ó prismática. || *De suspension*: Es el que, uniéndose por uno de sus extremos al medio de las ballestas ó muelles del bastidor, trasmite el peso de éste á los ejes, apoyándose en la caja de grasa.

Arco dentado de cambio de marcha. Arco en el cual engrana la falleba de la palanca de contramarcha. Tambien suele llamársele *sector de cambio.*

Arenero ó arenera. Caja de hierro, colocada generalmente sobre el cuerpo cilíndrico. Contiene arena que puede caer, á voluntad, en capa delgada sobre los carriles (conducida por dos largos tubos) para aumentar la adherencia de las ruedas motrices.

Armadura. Sistema de barras ó piezas de hierro de forma de T, sencilla ó doble, angular ó de escuadra, que sirve para

consolidar alguna parte de la caldera. Las armaduras del techo del hogar, llamadas tambien contrafuertes, impiden la flexion y fractura de la hoja de cobre que forma el cielo del fogon, y trasmiten á las paredes laterales la presion interior causada por el vapor. Las del cuerpo cilíndrico, formadas de barras situadas en planos perpendiculares al eje, impiden la deformacion de aquél cuando es de seccion elíptica. Las de las placas tubulares, y las de las cajas de humo, y exterior de fuego, mantienen la rigidez de estas superficies planas, ménos aptas para la resistencia que la cilíndrica del cuerpo de la caldera.

Aro. Anillo grande. || *De las ruedas:* Los de hierro que reunen y ligan los rayos: sobre ellos descansan las llantas. || *Del émbolo:* De bronce, acero ó fundicion: alojado en canales ó gargantas labradas en el espesor de aquél; por su elasticidad prensa fuertemente las paredes interiores del cilindro, estableciendo la incomunicacion necesaria entre las dos capacidades, de volúmen variable, en que éste queda dividido.

Arquilla. Caja de palastro, situada en el tender, por encima ó al lado de la de agua, destinada á contener los útiles menudos y ropa del maquinista y fogonero.

Ascendente. Se aplica á la vía y trenes que suben del nivel del orígen.

Asiento de las válvulas. Rebajo ó borde en que se apoyan al cerrar.

Avance angular. Angulo que forma el rádio mayor de la excéntrica, con el que está á ángulo recto con el codo ó manivela del eje motor. Merced al avance angular, se anticipa la marcha del distribuidor, y se obtiene el avance lineal á la admision. || *Al escape*: Adelanto en el período de escape. Constituye un período de la distribucion, en el cual el vapor admitido en el cilindro, por una de las dos lumbreras, escapa á la atmósfera ántes de que el émbolo

haya llegado al final de su carrera. || *A la admision:* Adelanto en el período de admision. El vapor penetra en el cilindro ántes de que el émbolo haya llegado al punto muerto. || *Lineal á la admision:* La magnitud lineal de la lumbrera de admision que el distribuidor deja al descubierto cuando el émbolo está en el punto muerto. Es uno de los períodos de la distribucion.

B

Balanceo. Movimiento anormal de la máquina alrededor de un eje medio longitudinal.

Balancin. Palanca que pone en comunicacion de movimiento y accion dos ballestas contiguas. El balancin es longitudinal ó trasversal, segun que las ballestas que relaciona y une corresponden á un mismo larguero del bastidor, ó á un mismo eje.

Balanza. Muelle completo de la válvula de seguridad, es decir, con los tubos exterior y graduado.

Balconcillo. Antepecho ó barandilla de hierro, que se encuentra en la plataforma del maquinista, en la locomotora. El tender tambien tiene balconcillo en su parte anterior, formado por la prolongacion de la cara vertical exterior de la caja de agua. Se distinguen uno de otro, añadiendo la denominacion del vehículo á que pertenecen.

Ballesta. Intermedio flexible que suspende, de los ejes, el bastidor: hace ménos sensibles los movimientos de aquél, debidos á los choques y trepidaciones.

Baqueton. Barra para tapar tubos.

Barra *de excéntrica:* La que comunica los movimientos de la excéntrica al extremo del arco del sector. || *Del émbolo*: El vástago ó barra cilíndrica que trasmite los movimientos de aquél al eje motor por el intermedio de la biela mo-

triz. || *De tapar tubos:* Como el nombre indica, sirve para introducir en las cabezas de los tubos rotos, por la parte del hogar, tapones que impidan los derrames. || *Picafuegos:* Util de fogonero, que se emplea para arrancar las escorias y dejar libres los claros de los barrotes, con objeto de que penetre sin dificultad el aire necesario para la combustion. || *De traccion:* La que une la máquina al tender.

Barrote de rejilla. Barra de hierro que forma parte del emparrillado que sostiene el combustible en el fogon.

Base de la chimenea. Parte inferior de la misma, por donde se une á la caja de humo. Suele llevar algunas molduras.

Bastidor. Marco de forma rectangular, sobre el que descansa la caldera y cilindros en la locomotora, las cajas de agua en el tender, y las de los vehículos en los wagones y carruajes de viajeros. En la locomotora, el bastidor es interior ó exterior, segun que esté situado por dentro ó por fuera de las ruedas.

Bate. Util de los asentadores de vía, parecido á un zapapico, en el que se hubiese sustituido el hierro de corte con otro terminado en una pequeña barra trasversal, presentando en su conjunto la forma de una T. Sirve para calzar las traviesas, atacando fuertemente por debajo de ellas la tierra ó balasto.

Batear. Calzar las traviesas, empleando el bate.

Bebedero. Se dá este nombre, en las cajas de grasa, al orificio por donde se echa el aceite.

Bela. Suele darse este nombre al arbolillo de suspension.

Berbiquí (*eje de*). Eje acodado ó acodillado.

Biela. Barra de hierro con cabezas y cojinetes en sus extremos, que sirve para trasmitir movimientos rectilíneos ó circulares de una pieza á otra. || *Motriz:* La que convierte el movimiento rectilíneo alternativo del émbolo en circular

contínuo de las ruedas motrices. || *De acoplamiento*: La que establece solidaridad de movimientos entre las ruedas motrices y sus conjugadas ó acopladas.

Bomba de alimentacion. La que introduce en la caldera el agua del tender.

Boton de manivela. Suele darse, aunque impropiamente, este nombre á la manivela. El boton, en realidad, está formado por un sobreespesor ó pestaña del extremo libre de la manivela.

Brida. Pieza que asegura el empalme á junta plana de otras dos. Bridas hay en las barras de excéntrica, tubos del Giffard, y en los de toma y conduccion del vapor de la caldera á los cilindros. En los tubos, las bridas están formadas por rebordes ó pestañas planas del mismo metal en forma de disco: uno de ellos recibe el nombre de brida, y el otro de contrabrida. || *De los muelles de suspension*: Abrazadera de hierro que sujeta los muelles de suspension del bastidor por su punto medio. De la brida arranca la varilla de presion ó arbolillo de suspension.

Bulon. Palabra usada por los prácticos. (Traduccion grosera de la francesa *boulon*.) Sinónimo de *clavija* ó *eje pasador*. En la máquina hay *bulones* en la barra de traccion del enganche, en los frenos, etc., etc.

C

Caballo de vapor. Unidad de medida del trabajo de una máquina. Equivale á 75 kilográmetros; es decir, á 75 veces el trabajo desarrollado para elevar un kilógramo á un metro de altura, en un segundo.

Caballito. Pequeña máquina de vapor empleada en otro tiempo para la alimentacion de las calderas de locomoto-

ra. El caballito formaba parte de la máquina y funcionaba con vapor tomado de ella.

Cabeza de biela motriz *grande.* La que abraza el codo del eje motor ó manivela de la rueda motriz. || *Pequeña:* La del otro extremo, articulada al taco del vástago de émbolo.

Cabeza del émbolo. Taco del extremo del vástago, que resbala entre paralelas.

Cadena *de enganche.* La que une la máquina al tender, y en general un vehículo cualquiera á su inmediato, trasmitiendo de unos á otros el movimiento, para cuyo efecto van colocadas en los puntos medios de las traviesas ó cabeceras de los bastidores. || *De seguridad:* Las situadas á uno y otro lado de las de enganche, destinadas á ejercer la traccion en caso de fractura de estas últimas.

Caja *de agua.* En el tender es la que contiene este líquido. En proyeccion horizontal presenta la forma de una U en cuyo interior se amontona el combustible. || *De distribucion:* La que contiene los distribuidores. || *De estopas:* Pequeña caja destinada á contener cáñamo en trenzas, ú otra materia compresible, la cual arrollada á todo vástago ó varilla que salga al exterior de una capacidad que contenga vapor, impide los escapes de éste. || *De fuego, interior y exterior:* La primera es el hogar, capacidad en donde se quema el carbon; y la segunda su envolvente, continuacion del cuerpo cilíndrico del generador de vapor. || *De grasa:* La destinada á la lubrificacion de una mangueta de eje. || *De humo:* Espacio formado por la prolongacion de la caldera, en la parte anterior de la máquina: recibe y contiene los gases y aire caliente procedentes del hogar conducidos por la tubería, para que sean emitidos por la chimenea bajo la accion del vapor de escape. || *De vapor:* Recipiente de forma cilíndrica situado sobre el cuerpo de caldera, y en comunicacion con ella, cuyo objeto es aumentar el volúmen de la cámara de va-

por. || *De tope:* La que recibe el portatope. || *De las compuertas:* Pequeña caja, adosada lateralmente al arenero, que contiene la válvula que dá salida á la arena; de la caja de las compuertas nace el tubo que conduce esta materia sobre los carriles. || *Del regulador:* Cuando el regulador no se halla en el interior de la cúpula, se coloca en una pequeña caja, especie de cúpula de dimensiones reducidas.

Caldera. Recipiente grande de hierro ó acero destinado á la produccion y almacenamiento de vapor. Consta de cuerpo cilíndrico, caja interior y exterior de fuego, y caja de humo.

Cámara de vapor. Parte superior de la caldera no ocupada por el agua, en donde se deposita el vapor formado hasta ser empleado en los cilindros.

Cambio de vía. Disposicion de vía para pasar de una á otra que le es convergente.

Campana del silbato. Vaso de bronce en que choca fuertemente el vapor al salir por un orificio de la caldera, produciendo agudo silbido que se emplea como señal para las incidencias de la marcha y maniobras. El silbato tiene dos campanas, la inferior que presenta su concavidad hácia arriba, y la superior, situada por encima de la inferior, con la concavidad en sentido inverso.

Camisa. Chapa delgada de hierro que envuelve la caldera á una pequeña distancia de las paredes de ésta. El aire que se aloja en el espacio que entre ámbas queda, como poco permeable que es á la accion de las temperaturas interior y ambiente, evita las radiaciones de calórico de la caldera, y los enfriamientos por el contacto del aire exterior. Los cilindros, cajas de distribucion y cúpula van provistos de análoga envoltura.

Cangrejo. Especie de truck que se mueve en un foso: rueda sobre carriles, y sobre su plataforma ó bastidor lleva otros

que vienen á resultar al nivel de la vía ordinaria. En combinacion con las placas giratorias, sirven para trasportar carruajes de una vía á otra distinta, ó de una cochera á la vía. Tambien se llama cangrejo á unos carritos, de muy pequeña altura, que llevan consigo los obreros de las brigadas de recomposicion para conducir los útiles y el material; estos cangrejos ruedan sobre los carriles, y con facilidad se desarman y separan de la vía.

Capuchon. Disco de palastro que puede tapar á voluntad, en parte ó del todo, el extremo superior ó desembocadura de la chimenea, girando al efecto al rededor de una varilla-eje perpendicular á su plano, adosada al cuerpo de aquella.

Carbon *fresco.* El no sometido á la accion del fuego. || *Rojo:* El convertido en brasa.

Carraca. Gato ó cric. Cada máquina lleva dos; una de madera, de movimiento sencillo, y otra de hierro, de doble movimiento.

Carrera del émbolo. Longitud que el émbolo recorre dentro del cilindro de uno á otro punto muerto. La carrera es igual á la longitud del cilindro disminuida en la holgura de los puntos muertos (ó altura del espacio nocivo), y en el espesor del émbolo.

Carril. Barra de hierro sobre la cual ruedan las llantas de los vehículos, en las líneas llamadas *férreas* por este motivo.

Caspa. Suciedad de las paredes de la caja interior de fuego en contacto con la llama y gases de la combustion.

Casquillo *de las estoperas.* Anillo cilíndrico de bronce empotrado en el fondo de las cajas de estopa, en el orificio abierto para el paso del vástago ó varilla. || *De los tubos:* Tubo ligeramente cónico de pequeña altura, que comprime en sus extremos los tubos principales del cuerpo cilíndrico contra las paredes de los agujeros abiertos en las placas tubulares.

Cenicero. Caja de palastro situada debajo del hogar. El cenicero puede ser cerrado, es decir, con fondo, en cuyo caso recibe y contiene las cenizas desprendidas de la rejilla del hogar; ó abierto, sin fondo, de modo que las cenizas caen directamente á la vía, y las paredes del cajon tienen por objeto entónces conducir las brasas que se desprenden, hasta una pequeña altura del balasto, impidiendo que al rebotar alcancen á los vehículos del tren.

Chimenea *de la máquina*. Tubo de grueso diámetro que corona la caja de humo; por ella escapan á la atmósfera los gases y aire caliente procedentes del hogar, y el vapor que sale de los cilindros. || *Del Giffard:* Pieza de forma de dos troncos de cono convergentes, de inclinacion distinta: en ella se opera la aspiracion del agua del depósito, su impulsion por el vapor que sale de la tobera, y la condensacion de éste.

Chupon. Nombre que dán los prácticos á la bomba que alimenta de agua la caldera.

Cilindro *de la máquina*. Capacidad donde se mueve el émbolo. Los cilindros son interiores ó exteriores, segun la posicion que ocupan con respecto á los largueros del bastidor. Tambien se llaman *cilindros* los trozos de aglomerado cuando el moldeo les dá esta forma.

Cintillos. Cintas de palastro que se colocan por encima de las costuras de la caldera.

Clavija de enganche. (V. *Bulon*).

Cochera. Edificio destinado al alojamiento de carruajes, en general, pero se aplica principalmente al reservado á las locomotoras, aunque su verdadero nombre es *depósito*.

Codo *del eje motor*. (V. *Berbiquí*.) || *Del escape:* Union de los dos tubos de escape parciales en el único que desemboca en el nacimiento de la chimenea.

Coeficiente *de adherencia*. Relacion entre la adherencia y el peso que carga sobre las superficies que se tocan. || *De*

construccion: Relacion del efecto útil al teórico en una máquina.

Cojinete. Especie de muñonera de bronce ó fundicion, dentro de la cual giran las manguetas de los ejes, y en general los muñones de los árboles giratorios.

Colador. El nombre indica su objeto: detiene los cuerpos sólidos extraños que arrastra el agua de los depósitos en las aguadas ántes de introducirse en el tender. El colador es de forma tronco-cónica, y la base inferior, que es la del fondo, termina en casquete esférico: va colocado en la abertura que para recibir el agua llevan las cajas de este nombre en el tender.

Collar de excéntrica. Anillo ó aro de excéntrica.

Combustion *completa.* Cuando se forma con todo el combustible, el compuesto más oxigenado. || *Incompleta:* En el caso contrario. || *Lenta:* Cuando el aire atraviesa suficientemente despacio los trozos de hulla para envolverlos por igual y dejar todo su oxígeno. || *Activa:* En el caso contrario.

Composicion de un tren. Combinacion y formacion de los vehículos que lo han de componer.

Compuertas. Válvulas del arenero, que permiten ó impiden la salida de la arena. Hay dos, una por cada lado, correspondientes á las dos ruedas motrices.

Conductor. Jefe del tren; es el superior del maquinista en marcha, y á su obligacion pertenece la vigilancia, órden y seguridad en ella.

Conicidad de las llantas. Inclinacion de las generatrices de la llanta sobre el eje de la superficie cónica que forma.

Contracarril. Carril que se coloca al lado de los de la vía en determinados puntos. En los pasos á nivel sirven para resguardar á los carriles del choque de los carruajes ordinarios que por ellos transitan: en los cruzamientos de vía, y los situados frente á los corazones de los cambios,

impiden los descarrilamientos, obligando á las ruedas á rodar sobre la vía conveniente.

Contracurva. Curva que sigue á otra, pero con la concavidad en opuesto sentido.

Contrafuerte. (V. *Armadura*.)

Contrapendiente. Rampa.

Contrapeso. Masa metálica que equilibra el peso de otras piezas. Hay contrapesos en las ruedas, en el sector de cambio de marcha, en la rejilla móvil, etc., etc.

Contrapresion. Presion que ejecuta sobre una de las caras del émbolo el vapor que escapa á la atmósfera despues de haber obrado sobre el cilindro. La contrapresion se opone al movimiento del émbolo producido por la presion que en la otra cara efectúa el vapor últimamente admitido, y de aquí el nombre que se ha dado á esta fuerza resistente.

Contravapor. Modo de accion del vapor cuando se invierten los movimientos del distribuidor, y por consecuencia los períodos de la distribucion. El vapor obra entónces como freno poderoso, pues léjos de ayudar al movimiento del émbolo se opone á él.

Corazon. Masa metálica de forma angular que se coloca en el punto de encuentro de los carriles en los cambios de vía. Barra encorvada terminada en lanza, destinada al arreglo del fuego del hogar.

Coronamiento de la chimenea. Molduras de la parte superior.

Corredera. (V. *Paralela de la cabeza del émbolo*.) Cara (superior ó inferior) del taco en inmediato contacto con las paralelas.

Cuadrante. Sector de cambio de marcha.

Cuadro *del hogar*. Marco de hierro que cierra por la parte inferior el espacio comprendido entre las paredes verticales de las cajas de fuego interior y exterior. || *De la portezuela del hogar:* El que hace el mismo oficio en este punto.

Cubo *de la rueda*. Macizo de fundicion, hierro ó acero forjados, colocado en el centro de la rueda para recibir los rayos y el extremo del eje. || *Del eje:* Parte de éste que se acuña en el cubo de la rueda.

Cubreruedas. Casquete cilíndrico de chapa de hierro que cubre la parte de ruedas que rebasa la plataforma lateral de la máquina. Su objeto es evitar que el maquinista y fogonero, al circular por dicha plataforma, sean alcanzados y arrastrados por las ruedas en su rápido movimiento rotatorio.

Cubrir el tren. Colocar banderolas ó señales á distancias convenientes, por uno y otro lado de la vía, para evitar el choque con otros que pudieran circular.

Cuerpo *de bomba*. Cilindro ó tubo en que se mueve el émbolo. || *De la chimenea:* Tubo principal.

Cuerpo cilíndrico de la caldera. La parte que afecta esta forma, comprendida entre la caja de fuego y la de humo.

Cuña de regularizacion de juego. Situada entre una de las ranuras laterales de las cajas de grasa y la guia correspondiente, impide la holgura entre estas piezas.

Cúpula. Caja de vapor.

Cric. Pequeño mecanismo para mover grandes pesos. El maquinista debe llevar siempre dos en el tender á uno y otro lado del arcon de útiles situado por encima de la traviesa posterior: uno de ellos, de madera, es de movimiento sencillo y sirve para elevar peso; el otro, llamado *carraca*, es de hierro, y á más del movimiento elevatorio tiene otro trasversal.

Cruce. Paso de uno ó más trenes por una misma estacion.

Cruzamiento. Interseccion de dos vías distintas que se prolongan á uno y otro lado del punto de encuentro.

D

Descarrilamiento. Accion y efecto de descarrilar.

Descendente. Se dá este nombre al tren que recorre una línea, cuando la estacion de partida se encuentra á nivel más alto que la de llegada.

Descarrilar. Salir de carriles un carruaje.

Depósito de máquinas. Cochera. Tambien hay depósito de agua y de combustible en ciertas estaciones de la línea.

Distribucion. Acto de distribuir el vapor en el cilindro. Tambien se aplica esta palabra al conjunto de mecanismos que operan la reparticion de vapor á uno y otro lado del émbolo, tales como el distribuidor y caja de distribucion, sector de cambio, excéntricas, etc. Se dice que la distribucion es interior ó exterior segun que los aparatos mencionados se encuentren al interior ó exterior de los largueros del bastidor.

Distribuidor. Pequeña caja de fundicion con rebordes ó pestañas interiores y exteriores llamadas recubrimientos: llámase así porque distribuye el vapor á uno y otro lado del émbolo. La rotacion del eje motor le dota de movimiento rectilíneo alternativo por el intermedio de las barras de excéntrica, sector de cambio y varilla correspondiente, y apoyándose sobre la tabla de las lumbreras, las cubre y descubre alternativamente permitiendo ó interceptando el paso del vapor al cilindro por cada una de ellas, poniendo en comunicacion el interior de éste con el tubo de escape para evacuar el vapor que ya obró en el cilindro, y produciendo, finalmente, el movimiento rectilíneo alternativo del émbolo.

Doble traccion. Traccion operada por dos máquinas.

Demo. (Traduccion libre del sustantivo francés *dôme)*. Cúpula, caja de vapor.

E

Eje. Arbol de rotacion. || *De las ruedas:* Gruesa barra á cuyos extremos se acuñan las ruedas. Se le llama recto ó acodado, segun que tenga ó no codos; motor cuando es el que recibe la accion de las bielas motrices; delantero y trasero, segun la posicion que ocupa en el vehículo. || *Acoplados:* Son los unidos invariablemente, bajo el punto de vista de la rotacion, por medio de bielas.

Embarrado. Armadura de la caldera.

Embolada. Carrera del émbolo de uno á otro punto muerto.

Embolo *del cilindro.* Disco metálico de fundicion ó hierro forjado, que corre dentro del cilindro, con movimiento rectilíneo alternativo, bajo la presion del vapor. || *De la bomba:* Barra cilíndrica, que se mueve dentro del cuerpo de bomba, produciendo la aspiracion del agua de alimentacion, y su inyeccion en la caldera. || *Del Giffard:* Cilindro hueco terminado en tobera, que se mueve dentro del cilindro, propiamente dicho, del Giffard, y regula la cantidad de agua aspirada.

Emparrillado. Rejilla, compuesta de barrotes, que ocupa la parte inferior del hogar. Sostiene el combustible, y por los huecos de las barras deja penetrar el aire necesario para la combustion.

Encarrilar. Poner sobre carriles un carruaje descarrilado.

Encendedor. Fogonero dedicado á encender los hogares de locomotoras en los depósitos.

Enganche. Propiamente dicho, el enganche lo constituyen las cadenas de este nombre, con su correspondiente tensor y las de seguridad; pero suele comprenderse en esta deno-

minacion los aparatos de choque, es decir, los topes con sus portatopes y cajas, y los muelles ó ballestas correspondientes.

Engrasador. (V. *Aceitero*).

Entrevía. Espacio que media entre dos vías contiguas. Es de 1^m,80 en las vías generales, y de 2^m,20 en el interior de las estaciones.

Entubar una caldera. Colocar todos ó parte de los tubos.

Envoltura. (V. *Camisa*).

Escape. Emision por el tubo de este nombre y chimenea, del vapor que ha actuado en el cilindro.

Excéntrica. Disco de fundicion acuñado al eje motor fuera de su centro. Su rotacion engendra el movimiento rectilíneo alternativo del distribuidor, por el intermedio de las barras de excéntrica y sector de Stephenson.

Escoba. Barra de hierro que, desde el bastidor, desciende hasta una pequeña altura del carril. Está asegurada por la parte superior á la traviesa ó cabecera delantera, por delante de las ruedas de este nombre; y su objeto es apartar del carril las piedras y obstáculos que pudieran ocasionar un descarrilamiento.

Escórias. Resíduos que deja el combustible al arder.

Escupir. La máquina se dice que *escupe*, cuando arroja por la chimenea gotas numerosas de agua, en forma de lluvia fina.

Esfuerzo de traccion. Fuerza desarrollada por el vapor en los dos émbolos. Para obtener el *utilizable* hay que afectarle de un coeficiente de correccion menor que la unidad, que tiene en cuenta las pérdidas causadas por los rozamientos, trepidaciones, etc., de los órganos que median entre los émbolos y la circunferencia de las ruedas motrices.

Espacio nocivo *del cilindro*. Holgura que se deja entre el émbolo (cuando está en uno de los puntos muertos) y la

tapadera del cilindro más próxima, con objeto de que aquél no choque con ésta. || *De la distribucion:* El volúmen de las lumbreras. Llámanse espacios nocivos, porque el vapor que en ellos se aloja no es aprovechado en el período de admision.

Expansion. Aumento de volúmen de una cierta cantidad de vapor al aumentar el de la capacidad que lo contiene. Cuando el vapor aumenta en volúmen, disminuye en tension, siguiendo aproximadamente la ley de Mariotte. El vapor trabaja con expansion en el cilindro cuando se cierra la lumbrera de admision; llamándose período de expansion el correspondiente, en una carrera del émbolo, á este trabajo.

Espárrago. Arbolillo de hierro que suspende, al extremo de los muelles ó ballestas, el bastidor. A cada muelle corresponden dos espárragos.

Estabilidad de la máquina. La estabilidad de una locomotora en marcha, consiste en la ausencia de todo movimiento anormal, como son los de lanzadera, balanceo, galope, etc.

Estribo. Escalerilla de hierro para subir á la plataforma de la máquina y tender. Estos dos vehículos tienen una por cada lado; ambas están próximas, junto al balconcillo, para que por ellas se pueda ascender, apoyando un pié en los peldaños de cada una.

Estopero ó estopera. (V. *Caja de grasa.*)

F

Falso cojinete. En las manguetas de los ejes (dentro de las cajas de grasa), el semicojinete superior sufre el rozamiento: el inferior, llamado falso cojinete, no tiene otro objeto

que el de cerrar la caja por el fondo, é impedir la introduccion de arena, polvo, etc., entre las superficies que se rozan.

Filtro. (V. *Colador.*)

Fogon. (V. *Caja interior de fuego.*)

Fogonero. Hombre dedicado á la vigilancia y conduccion del fuego en los hogares. En la locomotora es el inmediato subalterno del maquinista: hace los engrases, pone estopas y maneja el freno.

Fondo de cilindro. Tapadera de las bases.

Foso de picar fuego. Excavacion revestida de ladrillo, ú otro material, que se abre en la vía cerca de las grúas hidráulicas: cuando la máquina se detiene para hacer aguada, el fogon viene á resultar encima del foso; en él se arrojan las escorias y cenizas de la parrilla, cuando se limpia ó pica el fuego.

Freno *del tender.* Aparato destinado á moderar, y áun anular, la velocidad de la marcha, por efecto de los grandes rozamientos que en las ruedas engendra la presion enérgica de las almohadillas. || *De la máquina:* En las *máquinas-tender* se instalan aparatos análogos. || *De las llaves de los cojinetes:* En las llaves ó cuñas de los cojinetes de las bielas se adosan unas pequeñas chapas de hierro con ranura longitudinal, por la que pasa un perno, que atraviesa tambien aquellas piezas. Se llaman frenos, porque impiden el aflojamiento de las cuñas.

Fuego *súcio.* Se dice del fuego, cuando la llama no se produce con expontaneidad y ligereza, cuando la brasa no brilla bien, hay humo, etc.; en una palabra, cuando no es completa la combustion. || *Dormido:* Se llama así al combustible del hogar cuando se le recoge y disminuye la entrada de aire, con objeto de que arda lentamente.

Fuerza *de traccion.* (V. *Esfuerzo de traccion.*) || *Nominal de una máquina:* Potencia máxima real que puede desarrollar, segun el constructor.

Furgon. Wagon destinado al trasporte de los equipajes, en los trenes de viajeros.

G

Gálibo. Especie de vitola, grande, para calibrar la carga de los wagones é impedir adquiera seccion trasversal mayor que la que permiten los túneles y puentes cubiertos.

Galope. Movimiento anormal de la máquina, en marcha, alrededor de un eje perpendicular á los largueros del bastidor.

Gárfio de traccion. Gancho empotrado en el punto medio de la traviesa delantera de la máquina: de él nace la cadena de enganche. Hay tambien ganchos de traccion en la traviesa posterior del tender, ó de la máquina-tender, y en las dos de todos los vehículos. En cada gárfio de traccion se introduce el último eslabon de la cadena de enganche del carruaje inmediato.

Gato. (V. *Cric*.)

Generador. (V. *Caldera*.)

Giffard. Con este nombre, que es el del inventor, se conoce á un aparato que verifica la inyeccion, en la caldera, del agua del tender. Cada máquina lleva dos, ó uno y una bomba ó chupon.

Grasa. Materia lubrificante, sólida á la temperatura ordinaria, cuyos ingredientes principales, generalmente, son la sal sosa, sebo de caballo y aceite de palma y semillas (colza, naveta, etc.). Se emplea comunmente en el engrasado de los ejes de wagon.

Grifo *de purga ó purgador*. Cualquiera de los situados en el fondo de los cilindros y cajas de distribucion, para dar salida al agua que estas capacidades contienen, resultado de

la condensacion de una parte del vapor que en ellas se introdujo. || *Verificador del nivel de agua:* Hay tres de esta clase por encima y á un lado de la portezuela del hogar: sustituyen al tubo indicador de nivel, en caso de fractura, para conocer la altura de agua en la caldera. || *Del tender*: Hay tres en las cajas de agua para conocer el nivel de ésta. || *Lubrificador*. (V. *Aceitero*.)

Grillete. Especie de medio eslabon, en forma de U prolongada. Cada cadena de enganche tiene dos, y entre ellos se aloja el tensor. En el enganche de la máquina con el tender hay dos grilletes (casi siempre): uno grande, correspondiente á la máquina, con un eje en su extremidad, por donde pasa la clavija que lo une al bastidor, y otro pequeño del tender, asegurado tambien al bastidor de éste por una clavija.

Grúa hidráulica. Tubo de fundicion, colocado verticalmente junto á la vía, que se recoda horizontalmente en su extremo superior. El brazo horizontal es giratorio alrededor del vertical: por el interior de ámbos circula el agua destinada á la alimentacion de los tenders, procedente de un depósito próximo, situado á elevada altura. Para dar paso al agua, es preciso maniobrar una llave ó válvula, por medio de la correspondiente palanca.

Guardallamas. Chapa de palastro, que corona la portezuela del hogar por la parte exterior. Como su nombre indica, preserva al maquinista y fogonero de las llamas que salen por la portezuela, al abrirla, y tienden á elevarse.

Guardafrenos. Empleado en la traccion que tiene á su cargo la maniobra de los frenos de los wagones.

Guardapolvo. (V. *Falso cojinete*.)

Guardavía. Encargado de la vigilancia de la vía.

Guarnicion. Casquillo de bronce que suelen llevar las prensas de las cajas de estopa.

Guía *de las cajas de grasa*. Pieza de hierro, en forma de es-

cuadra, situada al exterior de las placas de seguridad. Cada placa lleva dos, una por cada lado de la abertura central: resbalan dentro de las ranuras laterales de la caja de grasa que contienen, cuando el bastidor desciende y se eleva por la flexibilidad de los muelles, é impiden sus desplazamientos laterales. || *De las varillas de los distribuidores*: Abrazaderas de hierro, con su correspondiente cojinete de bronce, que las dirigen y sostienen en su movimiento rectilíneo alternativo. || *De la varilla de presion*: Abrazadera de hierro que la sujeta. || *De los tensores del muelle de suspension*: Abrazaderas idénticas, cosidas al bastidor.

H

Hervidor. Dáse este nombre á unas cajas ó tubos en comunicacion inmediata con la caldera, que se colocan en el interior del hogar, para aumentar la superficie de calefaccion. Los hervidores pueden ser longitudinales ó trasversales, segun la posicion que ocupan en el hogar: en el primer caso lo dividen en dos partes, casi siempre independientes, con portezuela distinta para la carga del combustible.

Hogar. (V. *Caja interior de fuego*.)

I

Incrustacion. Depósito calcáreo que tapiza las paredes y fondo de la caldera, cuando las aguas empleadas en la alimentacion no son puras.

Indicador de nivel. Tubo de cristal, colocado en la pared

posterior de la caja exterior de fuego. Está por sus dos extremos en comunicacion con la caldera, y acusa el nivel de agua en ella.

Instabilidad. Falta de estabilidad.

Inyectador. Aparato empleado para la inyeccion, en la caldera, del agua necesaria á la produccion de vapor.

J

Jaula. Wagon cerrado, de dos ó más pisos, con paredes formadas de alambreras ó enrejados. Se emplea para el trasporte de ganados ó frutas.

Juego. Sinónimo de holgura. || *De la vía*: Holgura que hay entre las pestañas de las ruedas y las caras interiores de los carriles.

L

Ladrillo. Trozo de aglomerado de hulla, moldeado en la forma de este nombre.

Lanza del Giffard. (V. *Aguja.*) Tambien se suele dar este nombre á la barra corazon.

Lanzadera. Movimiento de lanzadera es el que toma la máquina, en marcha, alrededor de un eje vertical.

Larguero del bastidor. Pieza del bastidor, lado mayor del rectángulo que éste forma.

Librete *de carga.* Pequeño cuaderno impreso, que manifiesta las toneladas de carga y número de carruajes que cada tipo de máquina, de las empleadas en una línea, puede arrastrar en las diversas secciones. || *De marcha*: En él se

detallan los horarios de marcha de los trenes, con la duracion de las paradas. || *De órdenes*: Contiene los reglamentos de señales, de circulacion por la vía, etc.

Lubrificador. (V. *Engrasador*.)

Lumbrera. Conducto para el paso del vapor, de la caja de distribucion al cilindro ó al tubo de escape. El extremo que desemboca en el cilindro, se llama *lumbrera del cilindro;* y *lumbrera de la caja de distribucion* el correspondiente á esta capacidad. || *De escape*: Es la que comunica con el tubo de este nombre. El cilindro tiene dos lumbreras, una en cada extremo; en medio de las dos de la caja de distribucion se encuentra la de escape. || *Del regulador*: Abertura para el paso de vapor, en el tubo de toma.

LL

Llanta. Anillo de hierro que sujeta el aro y rayos de la rueda. La llanta consta de *superficie de rodadura* y *de pestaña*.

Llave *de tuercas*. Sirve para apretarlas ó aflojarlas. || *De limpieza*: Grifo grande colocado en la caja exterior de fuego, lateral é inferiormente: hay una por cada lado. Tambien se llaman *llaves de desagüe*. || *De detencion*: Se sitúan en la union, con la caldera, de los tubos de alimentacion: su objeto es verificar la incomunicacion, é impedir la salida del agua que contiene el generador, en el caso de desarreglo en los aparatos inyectadores. || *De cojinete*:-Cuñas que lo oprimen contra la mangueta ó muñon. En cada cojinete hay dos: una llamada de *tacon* ó *sujecion*, y otra que ejecuta la presion, y se llama de *aprieto*.

M

Malla. Parte maciza de las placas tubulares.

Mandíbula del escape. Cualquiera de las dos hojas giratorias que forman la válvula de escape.

Mangueta. Parte del eje abrazado por los cojinetes de las cajas de grasa.

Manija. Tornillo, cuyas dos mitades tienen filetes en sentidos opuestos, que penetran en tuercas giratorias, que llevan los grilletes de las cadenas de enganche. La manija tiene un mango, por cuyo medio se maniobra, haciéndola girar en uno ú otro sentido, para templar los muelles de enganche y que los topes de los carruajes se toquen, ó para aflojarlos y desenganchar.

Maniobra. Formar ó descomponer trenes: quitar ó poner wagones á un tren, pasar trenes de la vía general á otra subalterna, y recíprocamente.

Manivela. Especie de muñon metálico empotrado en la rueda, perpendicularmente á su plano. Es abrazada por el cojinete de una biela motriz, ó de acoplamiento.

Maquinista. Encargado de la direccion y conduccion de la máquina.

Manómetro. Instrumento que mide la tension de un gas ó vapor. En las calderas de locomotora se emplea comunmente el manómetro metálico de Mr. Bourdon.

Manubrio del eje motor. Codo ó berbiquí.

Marco del hogar y portezuela. (V. *Cuadros del hogar*.) || *Del distribuidor*: Cerco de hierro que lo sujeta á la varilla.

Montador. Obrero que arma las piezas de que se compone un vehículo ó máquina.

Muelle *de suspension.* (V. *Ballesta.*) || *De traccion*: Muelles de los gárfios en las cadenas de enganche. || *De choque*: Muelle de los topes.

Muñequilla. (V. *Manivela.*)

P

Pala *de escorias.* Útil del fogonero, que sirve para sacar las escorias del fuego. || *De carbon:* La empleada para cargar combustible en el hogar.

Palanca *de cambio de marcha ó contramarcha.* La que manda, por medio de varillas, al arco del sector de Stephenson, subiéndolo ó bajándolo. || *Del regulador:* Mueve, por intermedio de la varilla de este nombre, al regulador, descubriendo ó tapando las lumbreras del tubo de toma. || *Del silbato:* La que dá salida al vapor para producir el silbido por el choque con la campana. || *De excéntrico:* Manezuela terminada en un excéntrico, que mueve la falleba ó pestillo de la puerta de caja de humo. || *De los ejes de las mandíbulas de escape:* Palanca codada ó dentada, maniobrada por una varilla, que cierra ó abre la válvula del tubo de escape. || *De los purgadores:* La que los maniobra. || *De las válvulas de seguridad*: Barra que sujeta el platillo, solicitada en un extremo por el muelle ó resorte de la válvula.

Paralelas. Guias metálidas, rectilíneas, del taco que lleva en su extremo el vástago del émbolo. Por cada cilindro hay dos ó cuatro, segun el tipo de máquina.

Parrilla. (V. *Emparrillado.*)

Pasamanos. Varillas colocadas en los costados del cuerpo cilíndrico, en sentido de su longitud: en ellas se apoya todo el que marcha por las plataformas laterales.

Paso á nivel. Encuentro de un camino ordinario con una vía férrea, situadas ambas al mismo nivel.

Pata de liebre. Carril en ángulo que se encuentra en los cambios y cruzamientos de vía, á uno y otro lado del corazon. || *De araña*: Canal labrada en la cara interna del cojinete del eje en inmediato contacto con la mangueta: sirve para distribuir sobre la superficie de ésta, el aceite que desciende por el canuto del engrasador.

Patinar. Resbalar las ruedas motrices sobre los carriles, girando sobre el mismo sitio, sin adelantar en la marcha.

Pendiente. Rasante que desciende en sentido de la marcha. Caminando en opuesta direccion, la pendiente se trasforma en *rampa*.

Período de la ditribucion. Desde que el émbolo parte de uno de los puntos muertos hasta que vuelve al mismo, el vapor obra de distinto modo sobre la cara próxima á la tapa del cilindro en la posicion inicial: la parte de carrera del émbolo durante la cual el vapor actúa de un cierto modo, se llama período. Los períodos de una doble carrera del émbolo son: avance á la admision, admision, expansion, avance al escape, escape y compresion.

Pernio de la puerta de caja de humo. Varilla de hierro asegurada á la puerta, que hace las veces de visagra. Cada hoja de la puerta tiene dos, atravesadas por la varilla de quicio ó eje de rotacion.

Peso *útil de un tren* El de los viajeros y carga de mercancías. || *Muerto:* El de los carruajes, máquina y tender. Tambien se llama peso muerto, en la máquina, el que no dá adherencia, ni produce aumento de potencia.

Pestaña. Sinónimo de reborde. || *De la rueda:* Va colocada por la parte interior de la vía, y mantiene á los vehículos en carriles. || *De la caja de grasa:* Reborde que la mantiene dentro de la abertura de la placa de seguridad.

Pestillo de la puerta de caja de humo. Barra que la cierra, haciendo el oficio de falleba.

Petardo. Pequeña caja que contiene una composicion detonante. Colocada sobre un carril, al ser aplastada por la rueda, produce una detonacion fuerte, que debe ser considerada por el maquinista, como señal de alto.

Piston. (V. *Émbolo.*)

Piton de la cadena de seguridad. Especie de perno empotrado en la traviesa del bastidor, terminado en anillo, en donde engancha el primer eslabon de la cadena.

Placa *tubular.* Plancha metálica que sostiene, por sus extremos, los tubos del cuerpo cilíndrico. Hay dos placas tubulares, denominadas *de la caja de fuego* y *de la caja de humo*, por la situcion que ocupan en la caldera. || *De seguridad:* Parte del larguero del bastidor que contiene la caja de grasa. || *Del contrafuerte:* Una de las dos hojas de hierro que forman generalmente las armaduras del cielo del hogar.

Planchuelas. Tapones de hierro, con orejas y pernos, que cierran los agujeros de limpieza del fondo de la caja exterior de fuego.

Plataforma de la máquina y tender. Piso de palastro sobre que van situados el maquinista y fogonero. La máquina tiene dos plataformas laterales y una posterior á continuacion de ellas, y el tender una anterior, á la misma altura que las de la máquina.

Platillo. Tapa de cilindro. || *De la válvula de seguridad:* Tapadera circular que cierra el orificio.

Portadiscos. Hierro en escuadra sujeto á la traviesa delantera de la máquina, que puede recibir los discos de señales.

Portalinterna. Hierro en escuadra sujeto á la traviesa delantera de la máquina, que puede recibir las linternas ó faroles de señales.

Portatope. Caja donde se introduce el tope: contiene el resorte ó materia elástica correspondiente.

Prensa-estopas. Cilindro hueco, con orejas, que oprime las trenzas de cáñamo del estopero para impedir las fugas de vapor.

Presion *inicial*. La que ejecuta el vapor sobre una de las caras del émbolo en el período de admision. || *Media*: Lo es de las variables en el período de expansion. || *Final:* La presion en el último momento del período de expansion.

Prolonga. Cuerda gruesa, con ganchos, que sirve para remolcar, á distancia, wagones y máquinas con el hogar apagado.

Poste *indicador de rasantes*. Está situado en el punto de encuentro de las rasantes, é indica su direccion é inclinacion. || *Kilométrico:* Señala las distancias kilométricas. || *De entrevía:* Marca el punto en que dos trenes que se cruzan, situados en vías contiguas, han de detenerse para evitar choques entre los carruajes de uno y otro.

Pulsacion. Salida, por la chimenea, de un chorro de vapor procedente de los cilindros. En cada carrera de émbolo se produce una pulsacion por cilindro.

Punta de presion. Pequeña espiga articulada á la palanca de las válvulas de seguridad: es la que efectúa inmediatamente la presion sobre el platillo.

Puentecillo. Apoyo del cuerpo cilíndrico de la caldera. Es una chapa de hierro cosida á los largueros del bastidor.

Punto muerto. En los émbolos, varillas y piezas dotadas de movimiento rectilíneo alternativo, los puntos muertos son los extremos de la carrera, en los que el móvil retrocede. En las manivelas, codos, etc., que tienen movimiento circular, son puntos muertos los correspondientes á los puntos muertos de la biela, barra ó varilla que los mueve.

Q

Quitapiedras. (V. *Escoba.*)

Quitafuegos. Rejilla móvil empleada para arrojar á la vía parte ó la totalidad del fuego de la parrilla.

R

Rampa. Rasante ascendente en sentido de la marcha.

Rascador. Varilla de hierro empleada en arrancar las incrustaciones que en las partes interiores del generador, se adhieren con fuerza.

Rasqueta. Pequeña alcotana que sirve para limpiar de barro y piedra la canal formada en los pasos á nivel, entre el carril y contracarril.

Rastrillo. (V. *Escoba.*)

Recargar las estopas. Añadir trenzas nuevas á las cajas, sin quitar las viejas.

Recorrido. Visita y recomposicion de alguna parte del material fijo ó móvil. Longitud que un carruaje ó máquina ha caminado á partir de una cierta época.

Regulador. Pequeña plancha ó caja de hierro movible que permite ó intercepta el paso del vapor desde el generador al tubo de toma que lo conduce á los cilindros.

Rejilla. (V. *Emparrillado.*) || *De la caja de humo*: Está colocada cerca del nacimiento de la chimenea, con objeto de impedir la salida, por ésta, de los trozos pequeños incandescentes de combustible arrastrados por la corriente gaseosa.

Registro. Abertura practicada en una capacidad para poder reconocerla y repararla. || *De la caja de humo*: Sirve para dar entrada al aire y disminuir el tiro cuando fuese necesario moderar la energía de la combustion.

Repartidor. (V. *Distribuidor*.)

Resbaladera. Se suele dar este nombre al *taco* ó cabeza del vástago del émbolo que resbala entre las paralelas. Otras veces se emplea como sinónimo de *paralela*. || *De la caja de grasa*: (V. *Guia*.) || *De la distribucion:* Así suele llamarse al sector de Stephenson.

Resorte de las válvulas de seguridad. Muelle en espiral, encerrado en un tubo, que obra sobre el extremo de la palanca.

Retroceso. Movimiento oscilatorio longitudinal de la parte anterior de la máquina á la posterior, é inversamente.

Rodillo. Cilindro de aglomerado de hulla.

Robinete. (V. *Grifo*.)

Roncar. Se dice que los émbolos *roncan* cuando producen un ruido sordo, en marcha, al cerrar el regulador. Este fenómeno es debido á la falta de engrase.

Rótula. Union de los tubos conductores de agua de alimentacion, de la máquina y tender.

S

Salvavidas. Tapon de aleacion fusible colocado en el cielo del hogar. Cuando por descuido ú otra causa cualquiera queda sin bañar por el agua el techo del fogon, el salvavidas se funde y descubre el orificio que tapaba, dando salida por él al vapor de la caldera, que apaga el fuego. El nombre de salvavidas se debe, sin duda, á que previene el enrojecimiento de las paredes del hogar, pues que apaga

el fuego cuando no están en contacto con el líquido, y evita la produccion repentina de las grandes cantidades de vapor que se forman cuando el agua baña repentinamente una superficie metálica al rojo, causa probable de explosion de la caldera.

Sector de Stephenson. Arco metálico con una ranura longitudinal media en donde se aloja el taco de la varilla de distribucion. A los extremos del arco se articulan los de las barras de excéntrica: éstas mueven al arco con movimiento circular alternativo, y el arco engendra el movimiento rectilíneo de la varilla del distribuidor. Tambien se le llama *sector de cambio de marcha*, porque sirve para colocar los distribuidores en posicion conveniente para marchar en cualquiera de las dos direcciones opuestas.

Sombrero. (V. *Cúpula.*) Otras veces se aplica este nombre tan sólo al coronamiento de la cúpula, formada de molduras de laton.

Soplador. Pequeño tubo que toma vapor del cuerpo cilíndrico de la caldera, y lo hace desembocar en la chimenea para aumentar el tiro cuando el regulador está cerrado.

Superficie de calefaccion. La que recibe inmediatamente la accion de la temperatura desarrollada en el fogon: se divide en superficie *del hogar*, *de los tubos* y *total*, que es la suma de las dos. || *Directa*: Así se llama la del hogar. || *Indirecta*: La de los tubos.

Suplemento. Pequeña chapa en forma de cuña que se interpone en las superficies que han de ajustar perfectamente. Suplementos llevan las paralelas en la union de sus extremos con los soportes, y tambien los aros de excéntrica.

Suspension. Conjunto de todas las piezas que verifican la suspension del bastidor, de los ejes, como son las ballestas, arbolillos de suspension, varillas de presion, etc.

T

Tabla de las lumbreras. Pared de la caja de distribucion en donde están abiertas las lumbreras.

Tacilla lubrificadora. (V. *Aceitero*.)

Taco *de paralela*. Pieza de metal al extremo de los vástagos de émbolo, que resbala entre las paralelas. || *Del sector*: Taco pequeño del extremo de la varilla del distribuidor que se aloja en la ranura del arco.

Tapon fusible. (V. *Salvavidas*.)

Tender. Vehículo destinado á conducir el agua y carbon necesarios á la máquina.

Tension del vapor. Fuerza elástica del vapor, que se mide por la presion ejercida en las paredes de la capacidad que lo contiene.

Tensor. (V. *Espárrago*.) Tambien se llama así el tornillo ó aparato que, en las cadenas de enganche, aprieta los muelles y hace que los vehículos estén unidos por los topes.

Tirador. (V. *Distribuidor*.)

Tirante *de los contrafuertes*. Varilla de hierro que suspende las armaduras al techo de la caja exterior de fuego. || *Del cuerpo cilíndrico*: Varilla que fortalece las paredes planas de la caldera, á lo largo del cuerpo cilíndrico. || *De las almohadillas*: Varilla que liga las almohadillas de las ruedas de un lado, en los frenos.

Tiro. Corriente gaseosa que se establece en todo hogar, de la parrilla á la chimenea.

Tobera *del escape*. Extremo del tubo de escape. || *Del Giffard*: Tubo terminado en parte cónica, que regula la cantidad de agua aspirada.

Tope. Disco metálico ó de madera, fortalecido con aros de

hierro, que se coloca en las traviesas de los vehículos para preservarlos de los choques. Los topes tienen muelles: un tope completo se compone del tope propiamente dicho, que dá y recibe la percusion; del portatope que lo contiene, así como la materia elástica, y de la caja del tope que recibe el todo.

Trabajo *teórico*. El calculado por las indicaciones del manómetro, sin tener en cuenta las pérdidas de tension del vapor al pasar de la caldera á los cilindros, los rozamientos, vibraciones, etc., etc. || *Real ó efectivo*: El utilizable en la circunferencia de las ruedas motrices.

Travesaño de parada de las palancas. (En las válvulas de seguridad). Barrita de hierro que detiene las palancas en caso de fractura de los resortes.

Traviesa. Cabecera del bastidor en la máquina, tender y vehículo. || *De la vía*: Pieza de madera que soporta los carriles.

Truck. Vehículo especial, no cubierto y sin barandas: se emplea para el trasporte de los carruajes ordinarios.

Tubo *de alimentacion*. El que lleva á la caldera el agua. || *Calentador*: El que conduce vapor al tender. || *Indicador de nivel*: (V. *Indicador de nivel de agua*.) || *De inversion*: El que conduce á los cilindros agua y vapor para hacer posible el empleo del contravapor como freno. || *De escape*: El que dá paso á la chimenea, al vapor que procede de los cilindros. || *De toma de vapor*: El que lo toma de la cúpula ó cámara para conducirlo á las cajas de distribucion. || *Hervidor*: Tubo del cuerpo cilíndrico. || *De aspiracion*: En los inyectadores, el que aspira el agua del tender. || *De inyeccion*: El que la inyecta en la caldera. || *De descarga ó prueba*: Tubo que del cuerpo del inyectador desemboca en la atmósfera y que sirve para reconocer cuándo funciona en regla, y tambien para dar salida al exceso de agua acumulada en el aparato. || *De conduccion del vapor*:

El que á partir del tubo de toma lo conduce á las cajas de distribucion. || *Divergente*: En el Giffard, el que recibe y guia el chorro de agua que viene por la tobera.

V

Válvula *de alimentacion*. Dá ó intercepta el paso al agua de alimentacion. || *De cuello ó de escape*: La que gradúa el paso del vapor de escape por el tubo de este nombre. || *De distribucion*: (V. *Distribuidor*.) || *De seguridad*: Dá salida á la atmósfera, al exceso de vapor formado en el generador.

Vapor muerto. El que pasa por el perímetro del émbolo, de una á otra capacidad de las en que divide al cilindro.

Variable. (V. *Válvula de escape*.)

Varilla *del distribuidor*. La que lo mueve. || *De presion*: (V. *Arbolillo de suspension*.) || *De los grifos purgadores*: La que los maniobra. || *De suspension*: (V. *Espárrago*.)

Ventilador. (V. *Soplador*.)

Virotillo. Especie de roblon que mantiene la separacion de las cajas de fuego interior y exterior.

FIN DE LA SEGUNDA Y ÚLTIMA PARTE.

ÍNDICE

DE LA MATERIA CONTENIDA EN LA SEGUNDA PARTE.

	Número	Página
INTRODUCCION	»	3

FOGONERO.

CAPÍTULO PRIMERO.

Entretenimiento de la máquina.

Artículo primero.—Estoperos	»	»
Cajas de estopa y prensa-estopas	1	11
Cajas de estopa que se encuentran en una locomotora	2	13
Colocacion y renovacion de las estopas	3	14
Discos metálicos	4	21
Guarnecido de las juntas	5	22
Artículo segundo.—Engrasado	»	»
Rozamiento de resbaladura	6	23
Engrases	7	26
Materias lubrificantes	8	26
Eleccion de la materia lubrificante	9	30
Modo de efectuar la lubrificacion	10	31
Modo de conocer la falta de engrases	11	37

CAPÍTULO II.

Combustion.

De la combustion en general	12	39
Combustibles	13	41
Condiciones que ha de llenar un buen combustible	14	41
Hulla	15	42
Caractéres	16	42
Impurezas de la hulla	17	43
Accion del aire.—Destilacion	18	44
Accion del fuego	19	45
Clasificacion de las hullas	20	46
Hullas en el comercio	21	47
Aglomerados	22	48

	Número	Página
Condiciones exigidas á los aglomerados.	23	48
Fabricacion de los aglomerados.	24	48
Potencia calorífica de la hulla.	25	50
Combustion en los hogares de las locomotoras. . . .	26	51
Causas contrarias á una buena combustion.	27	56
Resúmen de los preceptos para la conduccion del fuego.	28	59
Prescripciones para cuando la locomotora está en marcha.	29	63
Estaciones.	30	68
Gasto de hulla.	31	69
Cok.	32	70
Caractéres del cok.	33	71
Cualidades que se deben exigir al cok empleado en los hogares de las locomotoras.	34	71
Modo de conducir el fuego.	35	72
Turba.	36	73
Antracita.	37	74
Madera.	38	74
Conduccion del fuego.	39	76

MAQUINISTA.

CAPÍTULO III.

Problemas sobre la traccion.

Preliminares.	40	81
Presion del vapor sobre los émbolos.	41	83
Determinacion de los períodos de admision y expansion para los diversos puntos de palanca de cambio de marcha.	42	86
Período de admision y expansion, correspondientes á un empleo económico del vapor.	43	89
Tension de trabajo mínima.	44	91
Presion del vapor sobre el émbolo, durante el período de expansion.	45	92
Determinacion de v, v', n y n'.	46	94
Relacion entre velocidades y tiempos.	47	95
Determinar el trabajo desarrollado por los émbolos para un punto de palanca dado.	48	96
Trabajo efectivo de una locomotora en la circunferencia de las ruedas motrices.	49	96
Relacion entre la produccion de vapor y el consumo, á la velocidad V, para un punto de palanca dado.	50	102
Peso total y adherente de una locomotora.—Adherencia y esfuerzo de traccion en la circunferencia de las ruedas motrices.—Comparacion. . . .	51	103
Disminucion, en rampa, del esfuerzo de traccion. . .	52	106
Determinacion del peso de un tren.	53	107
Resistencias de un tren á la traccion.	54	108
Fórmula de Harding.	55	115
Fórmula de Clark.	56	117

	Número	Página
Datos de experiencia	57	119
Resúmen	58	119
Resistencias en rampa y en pendiente	59	120
Valor, límite superior, de las rampas para una locomotora dada	60	122
Resistencia en las curvas	61	123
Potencia máxima de una locomotora	62	124
Primer problema.—Dada una locomotora, determinar el peso que podrá remolcar en vía conocida á la velocidad *V* (kilómetros por hora)	63	125
Empleo de la doble tracción	64	130
Formacion de los *Libretes de carga*	65	131
Segundo problema.—Conocida la carga, la velocidad y la vía, determinar la potencia de la locomotora que ha de verificar el arrastre	66	142
Inercia de un tren.—Frenos	67	147
Contravapor	68	153
Práctica en el empleo del contravapor	69	159

CAPÍTULO IV.

Preliminares de la traccion.

Artículo primero.—Estudio de la vía	»	»
Necesidad del conocimiento de la vía	70	163
Estudio de la vía	71	168
Artículo segundo.—Reglamentos	»	»
Reglamento de señales	»	173
Reglamento para la circulacion por la vía única	»	188
Reglamento para la vigilancia de la vía	»	169
Artículo tercero.—Limpieza y reconocimiento de una locomotora	»	»
Limpieza de una máquina.—Su importancia	72	204
Lavado interior de la caldera	73	204
Limpieza exterior de la maquina	74	207
Preservacion de las máquinas que entran en depósito por mucho tiempo	75	209
Reconocimiento de una locomotora	76	210
Idem en talleres	77	211
Reconocimiento de una locomotora cuando el maquinista va á encargarse de ella por primera vez	78	215
Visita de una máquina antes de ponerse á la cabeza de un tren, al principio de cada viaje	79	227
Visita en las estaciones intermedias ó en marcha, despues de un accidente	80	227

CAPÍTULO V.

Produccion del agente motor.

Artículo primero.—Vaporizacion	82	231
Modo de activar ó moderar la vaporizacion	83	234
Casos en que será necesario moderar la vaporizacion	84	237

	Número	Página
Casos en que será necesario activar la vaporizacion..	85	240
Agua arrastrada en la vaporizacion.	86	240
Vaporizacion imperfecta.	87	241
Artículo segundo.—Alimentacion..	»	»
Necesidad de la alimentacion..	88	242
Principios generales para efectuar la alimentacion..	89	243
Empleo del tubo indicador.	90	250
Reconocimiento y maniobra de los áparatos alimentadores.	91	250
Provision de agua.	92	251

CAPÍTULO VI.

Aprovechamiento del agente motor.

Preliminares de la partida.	93	253
Distintas clases de vehículos que pueden entrar en la composicion de un tren..	94	255
Formacion de trenes.	95	256
Instruccion para poner el tren en movimiento..	96	257
Prevenciones para la marcha.	97	262
Vigilancia de los órganos de la máquina.	98	265
Patinaje.	99	267
Empleo del arenero..	100	268
Estaciones..	101	269
Velocidad en la marcha.	102	272
Doble traccion.	103	281
Colocacion, en el tren, de la segunda máquina.	104	282
Máquinas aisladas.—Remolque de máquinas con hogar apagado.	105	284

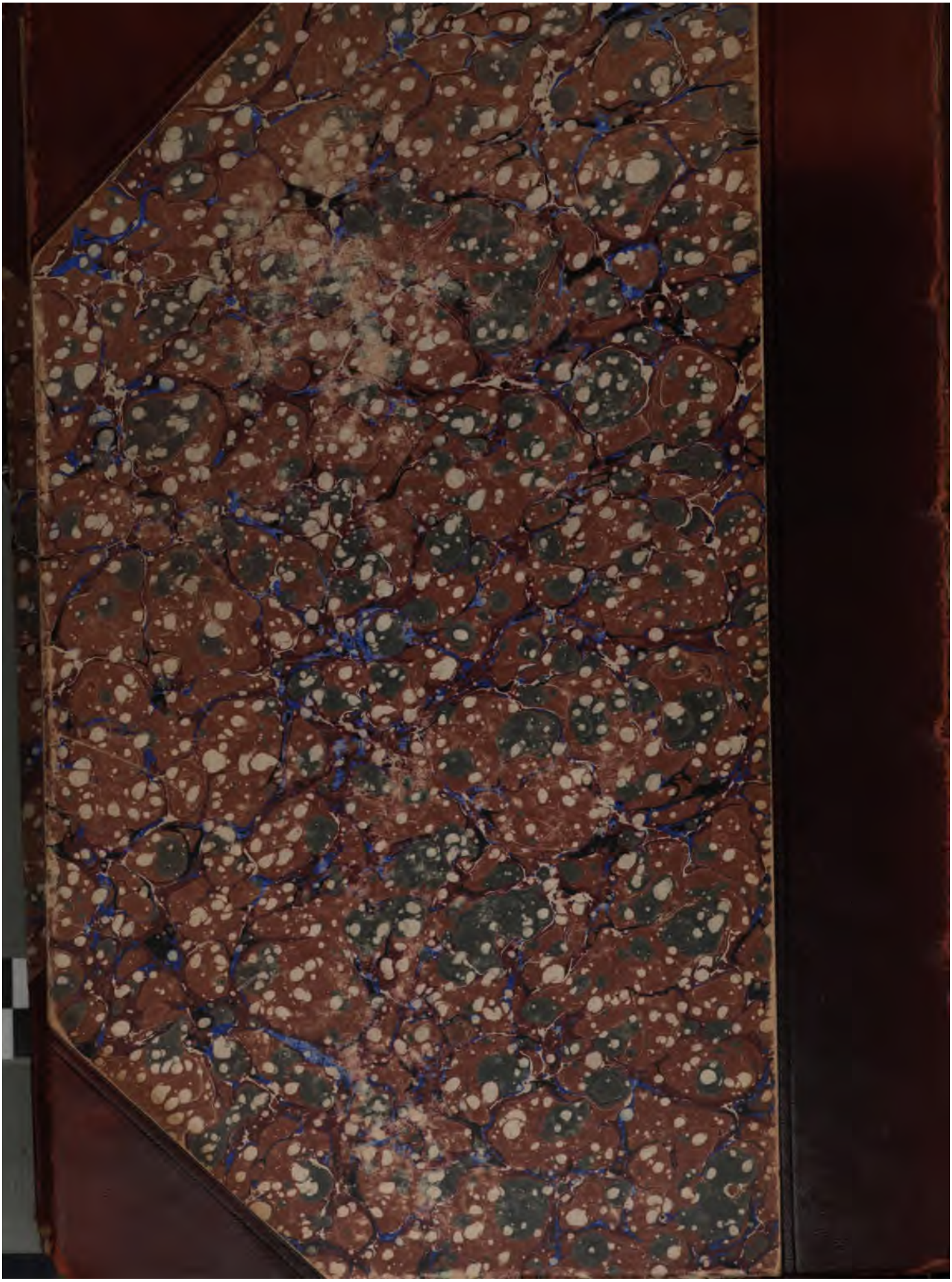
CAPÍTULO VII.

Averías y modo de remediarlas.

Caldera quemada.	106	287
Explosion de la caldera.	107	289
Averías en los tubos.	108	292
Derrames de agua.	109	298
Averías en los aparatos de alimentacion.	110	299
Otras averías que afectan á la vaporizacion.	111	299
Averías en el regulador.	112	302
Escapes de vapor..	113	302
Averías en los cilindros y en los órganos de trasformacion de movimiento..	114	303
Averías en el vehículo.	115	306
Descarrilamientos.	116	309
Socorros á los heridos.	117	313

VOCABULARIO

de los términos prácticos más usuales empleados en esta obra. » 319

To avoid fine, this book should be returned on
or before the date last stamped below

TJ 605 .M39 C.1
Traccion en vias ferreas
Stanford University Libraries
3 6105 041 136 503